

СУЧАСНІ БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ



Ю. І. СИДОРОВ

Національний університет «Львівська політехніка»

E-mail: sydorowy@rambler.ru

Отримано 27.09.2011

Розглянуто сучасний технічний рівень біогазових технологій, зокрема в Україні. Показано, що рівень впровадження цих технологій залишається незадовільним. Головною причиною такого стану є відсутність державної програми розвитку малорентабельної біогазової промисловості, яка, у свою чергу, залежить від наявності інвестиційних коштів, у тому числі державних. На прикладі даних компанії Zorg Biogas AG, яка в Україні домінує серед іноземних компаній, що пропонують свою продукцію, з використанням методики чистої поточної вартості — NPV — показано неспроможність функціонування прибуткових енергетичних біогазових підприємств. Зроблено висновок про необхідність орієнтації на власні розробки в галузі біогазових технологій, на державну підтримку та інтенсивні технології. Описано світовий рівень сучасних інтенсивних біогазових технологій, зокрема з використанням когенераційних установок.

Ключові слова: біогаз, біогазові технології, рентабельність.

Сьогодні в 65 країнах-розробниках біогазових технологій діють 1215 установок з виробництва біогазу, в тому числі в країнах Європи — 546 потужних. У США за рік одержують 500 млн. м³ біогазу, у Великій Британії — 200 млн. м³, у Франції — 40 млн. м³/рік. У США працюють більше 10 великих біогазових заводів, один з яких при трьох тваринницьких фермах на 110 тис. голів подає біогаз у газорозподільчу мережу Чикаго. У Данії експлуатується 18 біогазових заводів, які переробляють 1,2 млн. біомаси, одержуючи 45 млн. м³ біогазу (0,3% від потреб України в імпортному природному газі). Особливої уваги біогазовим установкам надають у Німеччині. У 1992 р. в цій країні було 139 малих і великих установок, а вже в 2001 р. — 1,5 тис.; сьогодні їх налічується 5 тис. Німеччина є лідером і зі створення надпотужних установок. Деякі із зазначених установок показано на рис. 1–4.



Рис. 1. Типовий західноєвропейський завод з виробництва біогазу середньої потужності

Зважаючи на велику кількість біогазових установок існує численна література стосовно відповідних технологій. Для первинного ознайомлення з ними можна рекомендувати досить старі джерела, які, однак, не втратили актуальності й дотепер [1–3].

В Україні перспективи використання біогазу як альтернативи російському природному газу обговорюються вже не перше десятиріччя, але далі дискусій справа практично не йде.



Рис. 2. Біогазовий завод у Любеку (Німеччина), 2007 р.

Біогазові установки, навіть у США, конструктивно громіздкі і мають не зовсім привабливий вигляд (рис. 1–6).

Однак існує позитивний європейський досвід, який варто враховувати в нашій країні. Так, зокрема, член фракції «зелених» в Європарламенті Клод Турмес заявив, що Україна має великий сільськогосподарський потенціал і, відповідно, можливість для одержання сировини для створення



Рис. 3. Біогазова когенераційна установка фірми Hamilton Renewable Power (США) потужністю 1,6 МВт



Рис. 4. Біогазова станція у США



Рис. 5. Біогазовий завод Біонерваль (Франція) німецької компанії German Rethmann Group — піонера в галузі одержання енергетичного біогазу



Рис. 6. Біогазовий термофільний біореактор з когенераційною установкою в штаті Вісконсин (США) для обслуговування ферми на 920 голів великої рогатої худоби, 2004 р. [4]

цього виду біопалива: «У нас є цифри, які доводять: біогаз в Україні можна виробляти в таких об'ємах, які дозволять скоротити її залежність від Росії на 50% і транспортувати його до Європи існуючим газогоном». Турмес вважає, що керівний орган Євросоюзу за допомогою кредитів і позик Європейського інвестиційного банку зможе профінансувати подібний проект [5]. Зазвичай біогазові установки виробляють значно більше електроенергії (приблизно в 1,5–2 рази), ніж потрібно підприємству, відповідно, надлишки можна продавати. Коли почне діяти «зелений» тариф, буде вигідно продавати максимум електроенергії за високою ціною, а купувати для власних потреб — за низькою, як, власне, зараз роблять у Європі [6]. Оптимістично налаштовані вітчизняні фахівці вважають, що аграрії самостійно покриватимуть витрати на електроенергію, при цьому окупність біоустановок становитиме лише три–п'ять років [7].

Водночас існують вагомі аргументи не на користь біогазу:

1. Біогаз містить 30–40 об.% CO_2 , решта, не враховуючи домішок, — метан. У перерахунку на масу біогаз містить лише 30–46 мас.% метану, тобто біогазові установки продукують, в основному, CO_2 . Щоб виділити чистий біометан для транспортування в Європу, окрім біогазових виробництв потрібно буде збудувати потужні очисні заводи або споряджувати установки відповідними блоками.

2. Біогаз значно дорожчий від природного. За розрахунками, які зроблено в 2004 р. для установки безперервної дії, коли ціна природного газу становила 0,175 грн/м³, вартість біогазу в перерахунку на чистий метан становила 1,4 грн/м³ за ставки дисконту 6 % [8]. Навіть у 2008 р., коли ціна на

природний імпортований газ зросла до 179 дол. США за 1000 м³, не беручи до уваги інфляційні процеси, вартість біогазу, перерахованого на природний, все одно була більшою від природного в 1,54 рази. Якщо ж врахувати інфляцію і взяти до уваги реальну ставку дисконту на рівні 10–20%, то ціна на біогаз буде надто високою.

3. У Європі, США і Японії, як, власне, і скрізь, стикаються з проблемою рентабельності біогазових установок, однак у цих країнах на економічні чинники звертають мало уваги. В основному біогазові станції використовують не стільки як джерела енергії, скільки для нейтралізації відходів тваринництва і одержання з них високоякісного, збагаченого протеїном і, якщо процес бродіння відбувався в термофільних умовах, пастеризованого органічного добрива. Прибутковими можна вважати лише біогазові установки в Китаї (5 млн. сімейних установок; 1,3 млрд м³ біогазу/рік) і в Індії (2 млн. подібних установок). Прибутковість їх пояснюється примітивізмом і теплим кліматом, тимчасом як у північних країнах до 70% біогазу витрачають на технологічні потреби [6]. Розвиток малоприбуткової біогазової промисловості у розвинених країнах взято під контроль держав і дотується.

4. Розрахунки показують: за оптимальних умов бродіння відходів можна одержати 900 м³ біогазу за рік від однієї корови, що є еквівалентним 600 л бензину. Якщо ж врахувати, що умови одержання біогазу, як правило, не є оптимальними, дійсна картина виглядає вельми песимістично. Експерти зробили висновок, що одержання біогазу є рентабельним лише у разі перероблення відходів великих тваринницьких ферм (не менше 2000 голів).

5. Існує думка, що на біогаз можна легко перетворити будь-які органічні відходи, зокрема солому, деревину тощо. Однак насправді така сировина є «важкою» для бактеріального консорціуму, і для того щоб використовувати клітковино- і лігніновмісну сировину, її попередньо потрібно підготувати шляхом ензиматичного або кислотного гідролізу (останній спосіб є набагато дешевшим [9]).

6. Процес метаногенезу є непрогнозованим і важко піддається регуляції. У цьому, зокрема, переконує досвід Білорусі, яка для тваринницького комплексу «Західний» (80 000 свиней) придбала в Німеччині у фірми «Біогаз-Норд» біогазову енергетичну установку і ввела її в дію у 2007 р. За два роки експлуатації установка не досягла про-

ектної потужності і навіть за постійної допомоги німецьких фахівців ледь окупує експлуатаційні витрати. Про прибуток, за допомогою якого комплекс має розрахуватися з державою, не йдеться. Білоруси пояснюють це відсутністю досвіду, а отже, експлуатація біогазових установок не є простим завданням [10].

Експерт М. Акацатов (Київ) пише: «Не варто заперечувати, що екологічно прийнятна технологія отримання біогазу має значні перспективи. Вона може допомогти істотно здешевити процес очищення стічних вод, забруднених органікою, надати певну кількість біогазу для місцевих потреб, забезпечити переробку відходів у якісне органічне добриво. Проте робити ставку на цю технологію, яка може дати значний відсоток енергії в державних масштабах, на мій погляд, дещо передчасно. ...Це питання, як винятково важливе і злободенне, слід ретельно розглянути, оцінивши переваги і недоліки сучасних технологій, сфери вживання і подальші можливі шляхи удосконалення...» [11].

Враховуючи вищезазначене, ми вважаємо за доцільне надати інформацію про розвиток біогазових технологій в Україні, сучасний технічний рівень біогазових установок і шляхи підвищення їхньої ефективності.

Біогазові установки в Україні

Наприкінці 50-х років минулого століття було змонтовано і введено в дію в Запоріжжі (на острові Хортиця) першу в Україні потужну установку напівперіодичної дії для переробки тваринницького гною. Вона пропрацювала декілька років, споживаючи більше енергії, ніж давала, тому внаслідок нерентабельності виробництва, неспроможності конкурувати з природним газом, який у необмеженій кількості мала тоді країна, недостатньої кваліфікації обслуговуючого персоналу, технічної недосконалості її наприкінці 60-х років демонтували.

У 1980–1990 рр. розробленням технології та обладнання для метанового зброджування займалися провідні інститути Мінсільгоспу, Академії аграрних наук, Інституту сільськогосподарського машинобудування, які створили низку удосконалених біогазових установок, у тому числі пілотних, які працювали в реальних умовах (птахофабрика «Київська» — метантенк об'ємом 15 м³; радгосп «Росія» (Золотоніський район, м. Черкаси) — метантенк об'ємом 170 м³; дослідне господарство УкрЦВТ (с. Гребінки,

Київська обл. — 150 м³), однак через розпад СРСР ці проекти не було реалізовано. Були спроби створити мікромасштабні установки для фермерських господарств (метантенки об'ємом 1–3 м³), проте вони не мали успіху, хоча відомі приклади використання ентузіастами примітивних установок промислового типу і власних конструкцій.

Сьогодні в Україні відсутня державна програма з розвитку біогазової галузі, а незначне фінансування будівництва здійснюється за рахунок іноземних інвесторів. Зокрема, за допомогою уряду Нідерландів побудовано демонстраційну біогазову станцію для свиноферми на 14 тис. голів (с. Оленівка, Дніпропетровської обл.) з двома метантенками по 1000 м³ кожен [12]. Фірма «РеМиР» (Дніпропетровськ) займається спорудженням біогазових і біоенергетичних комплексів з робочим об'ємом біореактора від 5 м³ до 125 м³, що призначені для перероблення органічних стоків птахівничих і тваринницьких виробництв та рослинництва на рідкі й сухі органічні добрива, а також на енергетичний біогаз і теплову енергію, однак відомостей про реальне, масштабне впровадження біогазових технологій на цьому обладнанні ми не маємо [13]. Барський спиртовий комбінат ще до кінця 2006 р. мав установити систему виробництва біогазу вартістю 1,5 млн. грн, яка б дала змогу підприємству виробляти до 40% газу, що споживається на комбінаті. Однак інформація про реалізацію цього проекту і про досягнутий економічний ефект також відсутня [14]. У галузі проектування і реаліза-

ції біогазових установок в Україні активно діє НТЦ «Біомаса» (Київ) і Хеммель-Україна (с. Ожидів Буського р-ну Львівської обл.). Остання фірма випускає когенераційні установки, що працюють на біогазі.

У Києві відкрили свої представництва дві німецькі компанії, що займаються впровадженням біогазових технологій, — ТзОВ «EnviTec Biogas» і ВАТ «Зорг Біогаз Україна». За посередництва компанії Zorg в Україні діють 8 біогазових установок, на спиртозаводах планується запуск ще десяти. Загалом у різних регіонах України у 2008 р. працювало близько 20 установок для анаеробної переробки рідких гнойових стоків [15].

Розглянемо детальніше конструкції біогазових станцій Zorg, які є типовими для установок періодичної дії.

На рис. 7 зображено принципову схему порівняно простої з установок фірми Zorg, які встановлюють у сільських місцевостях для перероблення відходів.

З метою зменшення капітальних і експлуатаційних витрат фірма свідомо обрала просту схему. Установка не містить блоків очищення біогазу від сірководню, відділення CO₂ від біогазу, компресори для стискання біогазу, газгольдери низького (мокрого) і високого тиску, газорозподільчі станції. Газ спалюють на місці, одержуючи електроенергію. Натомість установка містить блок когенерації (див. нижче), в якому гарячі димові гази нагрівають воду, що використовується для технологічних потреб і опалення будівель.

Найпотужніший ферментер (біореактор, метантенк, диджестер) компанії Zorg має

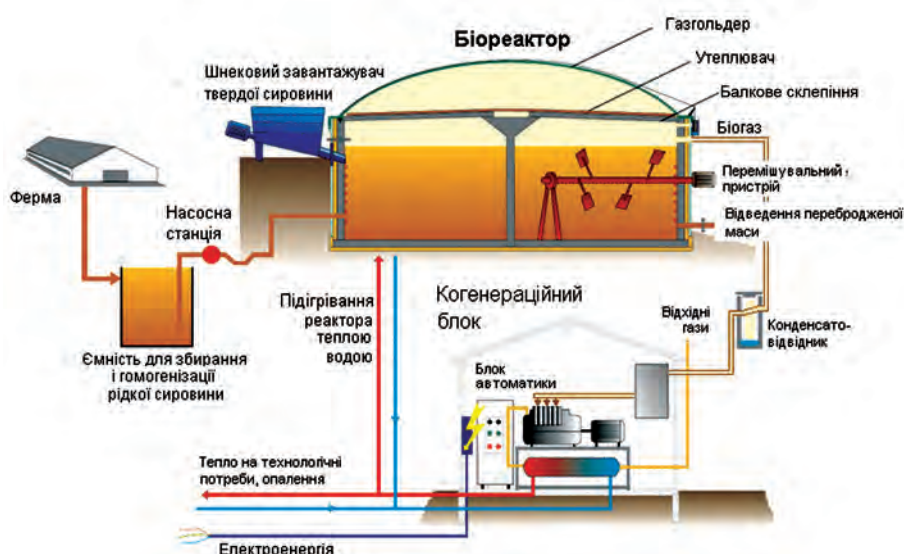


Рис. 7. Принципова схема біогазової установки фірми Zorg періодичної дії

об'єм 2400 м³, однак сьогодні можливе будівництво і гарантовано експлуатацію ферментерів до 4000 м³ (в особливих випадках — ще більше).

Компанія Zorg може запропонувати й більш складні схеми з блоками очищення біогазу від сірководню і CO₂ з одержанням майже чистого метану та блоком сушіння біошроту. Є також установки для перероблення пташиного посліду, який відзначається великим вмістом аміаку, тому є проблемним для метанового бродіння. У цьому разі пропонують двоступеневі установки: на першому рівні пташиний послід очищується і окиснюється, а на другому — відбувається власне метанове бродіння.

Відходи спиртового виробництва — найкраща сировина для виробництва біогазу, проте є особливістю під час її перероблення. Так, барда і дробина швидко розщеплюються і через це мають схильність до окиснення. Тому їх переробка потребує двостадійної технології з використанням реактора гідролізу, в який відходи потрапляють з приймального резервуара. У реакторі гідролізу відбувається розведення відходів перебродженою масою. Це дає змогу контролювати рівень кислотності.

Детально зі схемами Zorg можна ознайомитись на офіційному сайті компанії: www.zorgbiogas.ru.

На рис. 8–12 показано зовнішній вигляд установок Zorg.

Компанія Zorg Biogas AG випускає установки для перероблення пивної дробини, відсортованих харчових відходів, силосу, післяспиртової барди, бройлерного і клітинного посліду, натуральних гнойових стічних вод, свинячого гною і гною великої рогатої худоби (ВРХ) з потужністю за сировиною від 20 до 600 тонн/добу з виходом біогазу від 3,6 до 64 тис. м³. Вартість обладнання установок залежно від масштабу і виду сировини — в межах від 470 до 19 700 тис. євро, а вартість будівництва — від 340 до 29 100 тис. євро.



Рис. 8. Загальний вигляд установки Zorg



Метантенк Zorg



Метантенк Zorg шатрового типу в комплексі з газгольдером

Рис. 9. Типи метантенків Zorg



Рис. 10. Шатровий метантенк для перероблення трави (завантаження подрібненою травою здійснюється шнековим дозувальним пристроєм; бродіння триває протягом декількох місяців)

Незважаючи на сучасне спорядження, системи автоматики і додаткові опції, біогазові станції фірми Zorg Biogas AG є, по суті, технологічними копіями примітивних біогазових технологій, які використовують у сільських районах Китаю та Індії. Однак це можна вважати позитивом, оскільки вартість невеликих установок цієї компанії є відносно невисокою.

Використовуючи дані компанії Zorg, ми вважаємо за доцільне показати приклад орієнтовного розрахунку ціни біогазу, одержаного з натурального гною ВРХ, і



Рис. 11. Потужна біогазова установка фірми Zorg для цукрових заводів (А) і установка з перероблення пташиного посліду із заглибленим біореактором (Б)



Рис. 12. Зовнішні мішкові газгольдери

порівняти її з існуючою ціною природного газу, який одержують з Росії.

Дані Zorg щодо біогазової станції з перероблення 60 т/добу натурального гною з вологістю 85% (потужність тваринницької ферми на 1 500 ВРХ): вихід біогазу зі вмістом метану 55 об.% — 3 250 м³/добу; вихід напівтвердих (вологість 70 мас.%) і рідких (вологість 99%) біодобрив 17 і 39 т/добу відповідно; споживання електроенергії — 20 кВт, теплової енергії за температури довкілля -15 °С — 150 кВт; обслуговуючий персонал — 1 працівник; вартість (тис. євро): проектна документація — 45, обладнання — 470, будівництво — 340, шеф-монтаж і пуска-налагоджувальні роботи — 20; усього капітальних вкладень (К) = 875 тис. євро. Станція працює 24 год на добу.

Додаткові дані й попередні розрахунки:
Вартість сировини — безкоштовно.

Електрична і теплова енергія — власного виробництва. Вартість води та додаткових матеріалів не враховується.

Штат — 4 працівники за тримісної роботи (з окладом 300 євро) + лаборант-секретар (250 євро) + слюсар-механік (300 євро) + начальник станції (350 євро). Річний фонд зарплати — 27,6 тис. євро. Соціальні виплати (37,5% від фонду зарплати) — 10,4 тис. євро.

Амортизаційні відрахування — 16% від вартості обладнання і 5% від вартості будівельних споруд (враховуючи вартість ремонтних робіт) — 92,2 тис. євро.

Прямі річні витрати становитимуть 130,2 тис. євро. Повні витрати з урахуванням коефіцієнта 1,2 (підтримка інфраструктури, непередбачені витрати тощо) — 156 тис. євро.

За повного спалювання біогазу за рік можна одержати $0,55 \cdot 3250 \cdot 365 \cdot 40 \cdot 320 = 2,63 \cdot 10^{10}$ кДж енергії, де 40 320 — верхня межа теплотвірної здатності 1 м³ метану (кДж), отже, енергетична потужність установки становитиме $2,63 \cdot 10^{10} / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 834$ кВт. Відтак, коефіцієнт корисної дії (ККД) станції дорівнюватиме $100(834 - 20 - 150) / 834 = 79,6\%$. Тому реально за рік можна одержати $0,796 \cdot 3250 \cdot 365 / 1000 = 944$ тис. м³ товарного біогазу, а в перерахунку на метан — 519 тис. м³/рік.

Повна собівартість 1000 м³ біометану без урахування прибутку від продажу добрив, які є побічним продуктом виробництва, становитиме $156\,000 / 519 = 300,6$ євро.

Ціна органічного компосту (Дніпропетровська обл.) становить 35 дол. США /т, а добрива «Живая земля» (Вітебськ, Білорусь) — 280 дол. США /т (такою є і ринкова ціна пшениці) [16]. Припустимо, що біогазова станція знайде покупців на свої добрива за ціною 50 дол. США/т у перерахунку на суху речовину. У такому разі за продаж напівтвердих добрив, що містять 70% вологи, можна одержати прибуток $0,3 \cdot 50 \cdot 17 \cdot 365 / 1\,000 = 93,1$ тис. євро, а рідких — $0,01 \cdot 50 \cdot 39 \cdot 365 / 1\,000 = 71,1$ тис. євро. Сумарний річний прибуток від продажу добрив становитиме 100,2 тис. євро. З урахуванням цього прибутку повна собівартість річного виробництва біометану дорівнюватиме: $156 - 100,2 = 55,8$ тис. євро. Собівартісна ціна (СЦ) біометану: $55\,800 / 519 = 107,5$ євро/1000 м³.

Для визначення реальної ціни використано метод чистого дисконтованого доходу (Net Present Value — NPV) [17]. Для розрахунків прийнято такі умови: ставка дисконту становить 10% (тобто інвестор поверне

інвестиційні вкладення протягом 10 років); індекс прибутковості (IP) = 1,05 (станція працює на межі прибутковості); податок на додану вартість — 20%, податок на прибуток — 30%. Хід розрахунків:

– величина дисконтованого доходу (PV) = $IP \cdot K = 1,05 \cdot 875 = 918,8$ тис. євро; відтак, через 10 років інвестор може сподіватись на прибуток лише 43,8 тис. євро;

– грошовий потік (ГП) за 10 років експлуатації: $918,8(1 + 0,1)^{10} = 2\,383,1$ тис. євро; річний потік відповідно становитиме: $2\,383,1/10 = 238,3$ тис. євро;

– річний ГП з урахуванням виручки від продажу добрив дорівнюватиме: $238,3 - 100,2 = 138,1$ тис. євро;

– чистий прибуток (ЧП) від реалізації біогазу: річний ГП — амортизація = $138,1 - 92,2 = 45,9$ тис. євро;

– валовий прибуток (ВП) з урахуванням податку на прибуток 30% має становити: $45,9/0,7 = 65,6$ тис. грн;

– чистий дохід (ЧД) дорівнюватиме: ВП + амортизація = $65,6 + 92,2 = 157,8$ тис. євро;

– за обсягу виробництва біогазу в перерахунок на метан 519 тис. м³/рік і податку на додану вартість 20% (0,2) відпускна ціна (ВЦ) 1 000 м³ біометану становитиме: $ВЦ = 157\,800/(519 - 0,2 \cdot 519) = 380$ євро/1 000 м³, а в перерахунок на доларовий еквівалент: $380 \cdot 1,4 = 532$ дол. США/1 000 м³;

– оптова ціна (ОЦ) біогазу: $ВЦ/IP = 380/1,05 = 362$ євро/1 000 м³;

– рівень рентабельності (ОЦ/СЦ — 1) має становити: $362/107,5 - 1 = 3,367$ (337%);

термін окупності капітальних вкладень К/ЧП: $875/45,9 = 19$ років.

Зазначимо, що в I кварталі 2011 р. Україна купувала в Росії природний газ за ціною 264 дол. США/1 000 м³, а в II кварталі — 296/1 000 м³. Різниця між розрахованою відпускною і ринковою цінами, що виникла, пов'язана, передусім, з придбанням дорогого імпортного обладнання і необхідністю повернення інвестиційних коштів у достатньо короткий час. Лише через 10 років, коли інвестиційні гроші повернено, можливе зниження ціни на біогаз до розумної ціни. Різницю можна зменшити, довести до нуля і навіть зробити від'ємною за більш високої ціни на добрива. У такому разі біогаз можна вважати побічним продуктом заводу з виробництва високоякісних добрив.

Виходячи з вищенаведених розрахунків, можна зробити висновок, що населення не платитиме протягом 10 років за біогаз майже вдвічі більше, ніж за природний імпортований. А отже, купівля біогазової станції буде

невигодною. Для реалізації проекту господарство має повертати інвестиційний борг з інших джерел доходу.

Таким чином, розрахунки передбачають практично альтруїстичну поведінку інвестора, який в майже безприбутковому проекті одержить мізерний прибуток, що також є нереальним.

Тож за впровадження біогазових технологій у нашій країні слід чітко усвідомлювати майбутні доходи, спиратись на вітчизняні технології та обладнання, державну підтримку й орієнтуватись на інтенсивні процеси з виробництва енергетичного біогазу. Проте, державна підтримка вже існує: на початку 2010 року уряд ратифікував закон про «зелені» тарифи, згідно з яким виробник продає енергію державі втричі дорожче, ніж звичайну електрику, одержану шляхом спалювання мазуту або газу. Цю обставину потрібно враховувати при здійсненні економічних розрахунків.

Біогазові установки безперервної дії

Довготривалість періодичного зброджування сільськогосподарських відходів на біогаз (іноді до 130 днів у разі перероблення відходів з великим вмістом клітковини і лігніну, зокрема силосу) змушує використовувати бродильні апарати об'ємом 100 м³ і більше. Застосування біореакторів безперервної дії дає змогу зменшити ці об'єми в декілька разів.

Звичайний ємнісний метантенк можна експлуатувати за безперервного процесу, якщо в реактор одночасно подавати зверху сировину, а знизу виводити зброджену рідоту. Однак тривалий час бродіння змушує різко зменшувати коефіцієнт розбавлення (відношення потоку сировини до робочого об'єму ферментера), а тому об'єм ферментера залишається занадто великим. Окрім того, у великих ферментерах перемішування бродильної рідоти механічними мішалками є проблематичним, тому в цих випадках іноді застосовують перемішування біогазом (процес Valorga) (рис. 13).

Послідовне з'єднання малих ферментерів у батарею (2, 3, 4 і більше) дозволяє зменшити загальний об'єм апаратури, однак не настільки, щоб вважати проблему вирішеною, крім того, це ускладнює систему і призводить до її здорожчання. Незважаючи на це, двоступенева установка з попереднім накопичувальним бетонним ферментером і кінцевим, у якому процес бродіння завершується, є досить поширеним технічним рішенням.



Рис. 13. Використання процесу Valorga: завод SIVOM (Varennes-Jarcy, Франція) (зверху); бельгійська установка Mons (знизу)

На рис. 14 показано загальний вигляд двоступеневої установки, при цьому великі ферментери є диджестерами безперервної дії типу UASB, а малі — кінцевими періодичної дії.



Рис. 14. Будівництво двоступеневої установки з виробництва біогазу поблизу Тель-Авіва (2005 рік)

Одним із варіантів устаткування для безперервного одержання біогазу є так званий потоковий трубковий ферментер (рис. 15) [18].

Незважаючи на те, що ця установка має спеціальний перемішувальний пристрій, однорідної суміші при цьому не одержують,

тому субстрат має проходити через систему втулок (трубок). Середня швидкість обертання перемішувального пристрою $1-4 \text{ хв}^{-1}$.

Слід зазначити, що для оброблення рідкотечійних субстратів потоковий ферментер із втулками є непридатним.

Відомий варіант ферментера безперервної дії трубоподібного виду, який має назву AVR. Ферментер являє собою нахилену під невеликим кутом цистерну (або прямокутник), розділену на секції внутрішніми перегородками. Стічні води по чергові рухаються знизу-догори і згори-донизу, проходячи в кожному відділенні крізь сформований шар гранул (флокул) біомаси. По суті, це — багатоступеневий апарат для безперервного культивування. Такі апарати широко застосовують у процесах бродіння, де не потрібне інтенсивне перемішування з метою досягти певного рівня масопередачі за киснем, наприклад у процесі метанового бродіння. Перед несекціонованим реактором секціонована цистерна має ту саму перевагу, як і багатоступенева батарея ферментерів.

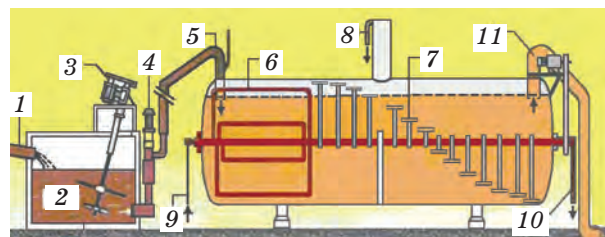


Рис. 15. Трубковий ферментер:

1 — підведення гнійової рідоти; 2 — гнійова рідота; 3 — міксер; 4 — насос; 5 — підведення свіжої гнійової рідоти; 6 — теплообмінник; 7 — трубкова мішалка; 8 — забір газу; 9 — підведення гарячої води; 10 — вихід теплоносія; 11 — відтік гнійової рідини, що перебродила

Слід зауважити, що розроблено велику кількість різноманітних диджесторів безперервної дії. Достатньо цікавим є апарат дискретно-безперервної дії за від'ємно-доливним методом [19]. Метантенк відрізняється тим, що ємність має герметичну перегородку, яка поділяє трубу на дві камери із засувкою, що забезпечує переливання частини матеріалу з першої камери у вільну другу без витрат енергії. Реверсивну мішалку, що самоочищується, виконано як горизонтальний вал, до якого на спицях-лопатках кріпиться навивальник гвинтової шнекової смуги. Після заповнення другої камери розвантаження проводять швидко, залишаючи в камері деякий об'єм біошроту, який виконує роль посівного матеріалу.

Методи інтенсифікації процесів одержання біогазу

Методи інтенсифікації загалом можна поділити на три групи: 1) застосування добавок, які прискорюють процеси бродіння; 2) двофазні процеси з використанням блоку попереднього гідролізу; 3) процеси із затримкою активного мулу.

Добавки

До речовин, які інтенсифікують процес, хоча й не надто відчутно, належать активоване вугілля, глюкоза, ацетати та оцтова кислота, мінеральні підживлювачі, мікроелементи, залізни опурки, вітамін B₁₂ та ін. Компанія Zorg пропонує добавку ZorgEnzym (суміш з ензимів, пробіотиків і мікроелементів) з нормою витрати 50–100 г/т сировини в перерахунок на суху речовину. Ця добавка на тому самому обладнанні гарантує збільшення біогазу на 40%; вона особливо ефективна за метанового бродіння силосу.

Двофазові ферментери

Спочатку в одному апараті за низького рН проводять ензиматичний гідроліз сировини, який може (але не обов'язково) супроводжуватись метаноутворенням, а після нейтралізації підготовлену сировину подають у ферментер, у якому є своя мікрофлора і в якому рН підтримують у межах 6,9–7,5.

За рахунок кращої підготовки сировини (попереднього розкладання речовин, що важко засвоюються) метаноутворення відбувається швидше і з більшим виходом (на 10–20%), а головне — прискорюється. У таких апаратах (Anaerobic Phase System — APS) на першій стадії можна перетворити неподрібнені та нерозріджені тверді органічні відходи, у тому числі й перо птиці, з подальшим метановим бродінням утвореного гідролізату і одержанням енергетичного біогазу та рідких органічних добрив. За таким принципом, наприклад, діє біогазова станція для перероблення птишиного посліду компанії Zorg Biogas AG.

Типовим двофазним процесом у єдиному реакторному комплексі є процес компанії Linde-KCA-Dresden GmbH [20] (рис. 16).

Для інтенсифікації процесу гідролізу в новому двофазовому процесі Biopercolat (компанія WEHRLE Umwelt GmbH) на першому етапі застосовують постійне зрошення (перколяцію) твердої сировини культуральною рідиною, яка утворюється на другій стадії метанового бродіння, і часткове аерування усієї маси. Метановому бродінню підлягає тільки рідкий перколят,

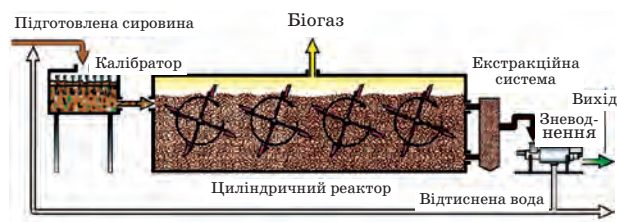


Рис. 16. Двофазний процес Linde-KCA

а нерозкладена частка твердого матеріалу відтискається і передається на біологічну стабілізацію (компостування) [21].

На нашу думку, такий спосіб підготовки сировини перед метановим бродінням не можна вважати оптимальним, оскільки частина органіки конвертується на воду і CO₂; перспективнішим способом є звичайний кислотний або ензиматичний гідроліз. Однак гідролізат можна переробити не тільки на біогаз, але й на паливний етанол (сьогодні відомі штами дріжджів, що можуть зброджувати пентозні цукри) або кормові протеїни. Для вибору оптимального способу перероблення потрібні економічні розрахунки.

Іноді сільськогосподарське підприємство цікавить не одержання біогазу, а виключно високоякісні органічні добрива. Для цієї мети гній піддають не метановому бродінню, а повному аеруванню (по суті процес є швидкісним компостуванням). Для реалізації цього процесу у дослідно-експериментальному інституті «ФГУП ГОСНИИСИНТЕЗ-БЕЛОК» (Москва) створено спеціальне устаткування [22]. Біореактор — ємнісний відкритий апарат об'ємом 9 м³ з барботажним пристроєм і виносним циркуляційним контуром з теплообмінником. Аерацію розбавлених стоків ведуть протягом 70–90 год замість 12–15 діб за звичайного процесу компостування. Запропонований аеробний прискорений біотехнологічний процес для перероблення рідких гнойових стоків є процесом глибинного культивування культур *Endomycopsis fibuligerai* і *Ervinia specias*.

Оригінальні двофазні процеси і ферментери описано в численній літературі, зокрема в патентній, однак вони поки що є не реалізованими. Саме тому, на думку ірландських фахівців, сьогодні однофазні процеси для перероблення трав'яного силосу є найпоширенішими в реальній практиці, а двофазні — в академічній літературі [23]. Це відкриває перед вітчизняними дослідниками і практиками науково-інженерні горизонти.

В унікальному процесі й установці, які реально впроваджено, ID 2PAD™ компанії Degremont Technologies (США) зі спеці-

альними перемішувальними пристроями Cannon® Mixer, які одночасно виконують функцію нагрівачів [24], процес бродіння розділено на такі фази: на першій стадії в окремому ферментері протягом 2 діб бродіння відбувається в термофільних умовах з певним бактеріальним консорціумом за температури 55 °С, а закінчується в іншому ферментері в мезофільних умовах з іншим консорціумом упродовж 10 діб за температури 37 °С [25] (рис. 17).

На рис. 18, 19 показано принцип дії перемішувального пристрою (типу ерліфта) і внутрішній вигляд ферментера з мішалками Cannon® Mixer.

Затримка біомаси

Суть цього способу полягає в підвищенні концентрації біомаси в реакційній зоні, за рахунок чого швидкість конверсії субстрату прискорюється подібно до того, як зростає швидкість хімічних реакцій залежно від

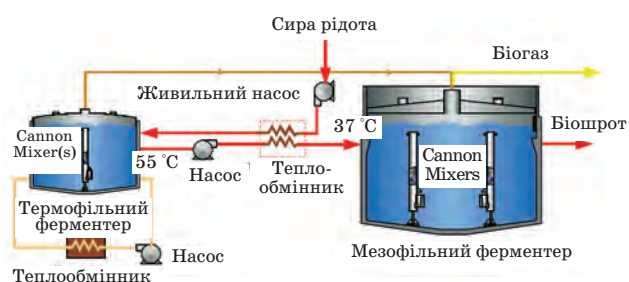


Рис. 17. Принципова схема ID 2PAD™

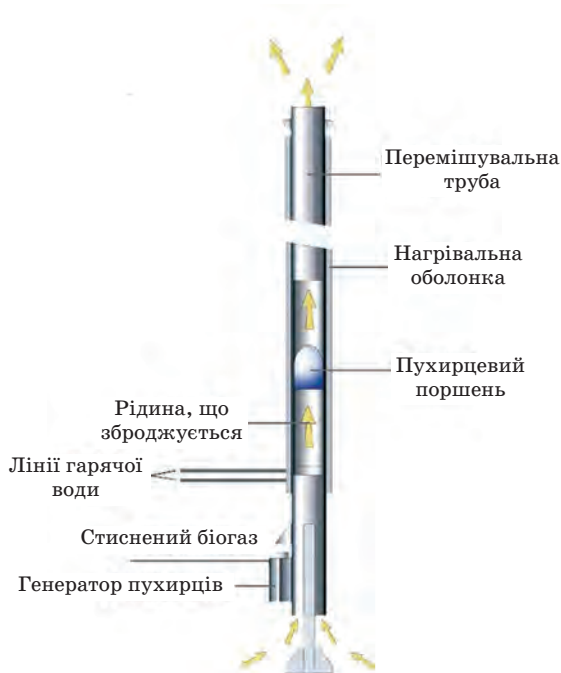


Рис. 18. Принцип дії Cannon® Mixer



Рис. 19. Перемішувальні пристрої Cannon® Mixer усередині ферментера

збільшення концентрацій речовин, що взаємодіють. У даному разі в ролі «хімічних агентів» виступають біомаса (активний мул) і субстрат. Однак слід пам'ятати, що на відміну від хімічних реакцій збільшення концентрації другого учасника «реакції», а саме розчинних органічних речовин у субстраті більш ніж 15–17%, як правило, спричинює не зростання швидкості конверсії цих речовин, а зменшення внаслідок інгібування живих клітин субстратом через утворення комплексу Міхаеліса–Ментен «субстрат–ензим–субстрат», не здатного до подальших трансформацій.

Для збільшення концентрації активної біомаси в реакційній зоні використовують такі способи.

1. *Процес анаеробного контакту.* Шлам, що перебродив, зі звичайного біореактора, який працює в безперервному режимі, виводять у відстійник або на центрифугу-сепаратор. Осад з відстійника або фугат частково повертають у біореактор. Ця технологія з 1980 року є відомим і поширеним процесом з рециркуляцією біомаси (процес Dranco — Dry Anaerobic Composting або Soridsep — Sorting-Digestion-Separation), що має світовий патент WO 02102966 (рис. 20).

Такий самий процес для перероблення твердої сировини з використанням горизонтальних ферментерів має назву Kompogas (рис. 21).

Існує також різновид процесу під назвою Waasa (впроваджено в 1989 р. у Фінляндії), який відрізняється тим, що ззовні потік сировини розбавляється водою, яку було відтиснуто на блоці зневоднення, а додавання посівної біомаси до розбавленої сировини відбувається безпосередньо у ферментері в спеціальній камері.

Новим різновидом процесу можна вважати процес ВІМА австрійської компанії Entec Biogas GmbH, на якому варто зупинитись детальніше [18] (рис. 22).

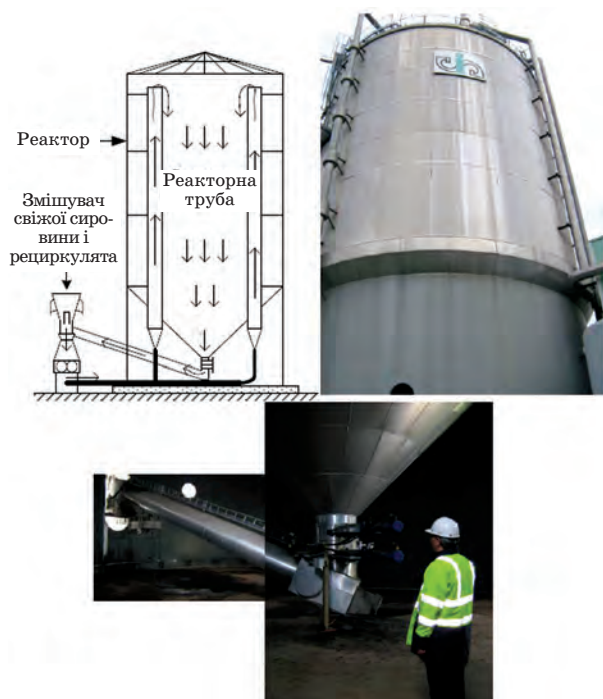


Рис. 20. Варіант процесу Dranco

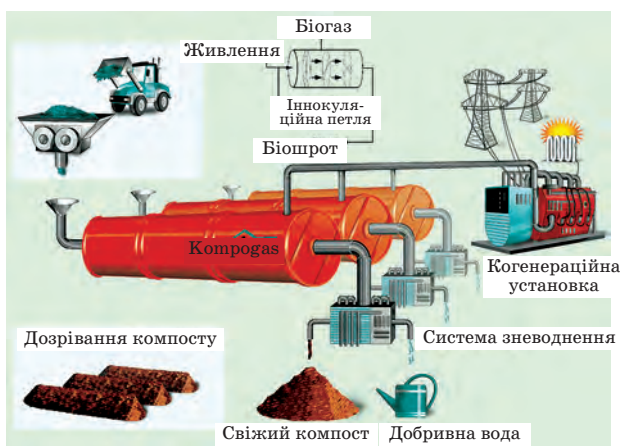


Рис. 21. Процес Kompostogas [26]

Ферментер розділено на функціональні відсіки. Нижче розташована основна бродильна камера; вона пов'язана з постбродильною камерою, що міститься над нею, та з шахтами, що сполучаються. Біля кришки функціональні відсіки під'єднуються до газопроводу. З постбродильної камери газ, що утворився, підводиться далі газопроводом до газосховища і, врешті-решт, до перемикача. За блокування відведення газу звільнений з основної бродильної камери газ стискається і починає тиснути на субстрат. Субстрат, який піддається тиску, виштовхується в постбродильну камеру, що розташована вище. Там відбувається відстоювання активної біомаси, яка за кінцевого змішу-

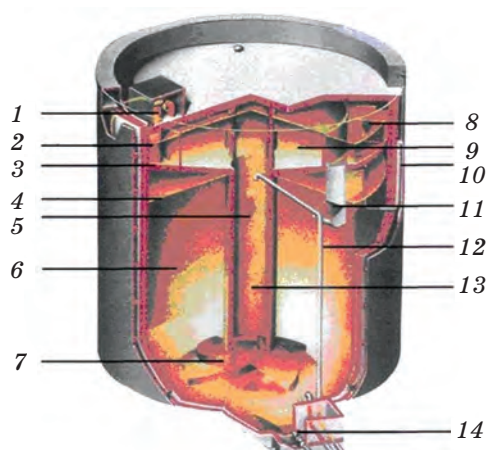


Рис. 22. Двокамерна система VIMA:

- 1 — газовий купол з автоматичним клапаном змішувача; 2 — максимальний рівень шламу; 3 — проміжна кришка; 4 — мінімальний рівень шламу; 5 — свіжий субстрат; 6 — основна бродильна камера; 7 — лопаті змішувачів; 8 — зливна шахта; 9 — постбродильна камера; 10 — зливний трубопровід; 11 — шахта змішувача; 12 — завантажувальний трубопровід; 13 — центральна труба; 14 — основний пристрій відведення шламу

вання, вимивається назад, в основну бродильну камеру. Це приводить до збагачення біомаси у ферментері, що сприяє забезпеченню більш високого ступеня розкладання. Після досягнення бажаного об'єму суміші надлишковий тиск газу відводиться (за допомогою автоматичного відкриття перемикачем зв'язувального трубопроводу) в постбродильну камеру, і субстрат, що подається вгору, може тимчасово стікати назад, в основну бродильну камеру. При цьому частинки субстрату великою піднімальною силою притискаються до проміжної кришки, змиваються і знову перемішуються, що дає постійне зволоження, яке повторюється. Пісковий осад, наприклад від пташиного посліду, видаляється через отвір для відведення основного шламу.

За нашими теоретичними розрахунками, у процесах з рециркуляцією біомаси об'єм диджестера можна знизити в 7–9 разів. Проте цьому методу притаманні недоліки: у великих реакторах важко досягнути ефективного перемішування, тому додавання активного осаду є малоефективним; за інтенсивного утворення метану процес стає нестабільним і важко регулюється.

2. Анаеробний очищувач. У 70-х рр. під час дослідження реакторів другого покоління з висхідним потоком було виявлено, що мікроорганізми, які входять в метановий

консорціум, здатні зі зростанням утворювати агрегати — щільні гранули діаметром 1–3 мм, що легко зсідують. Ці гранули складаються переважно з метаногенів, які утворюють щільні хворосто- і клубкоподібні структури. Це спостереження і стало основою для створення реакторів нового покоління, які одержали назву UASB-реактори (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) (рис. 23).

Затримка активного анаеробного мулу відбувається таким чином:

– свіжа сировина надходить у реактор центральною трубою, що обертається,

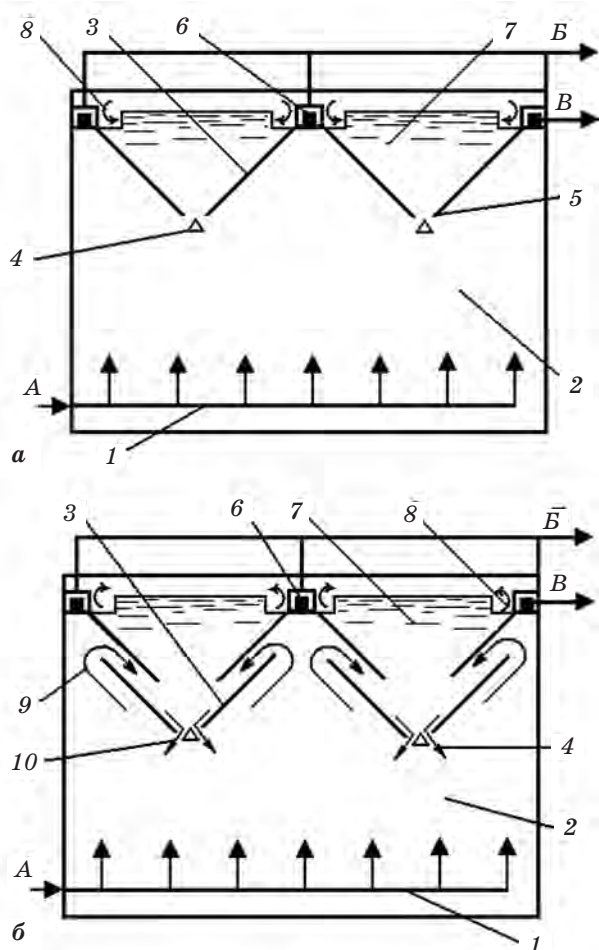


Рис. 23. UASB-реактор:

a — найпростіша конструкція; *б* — конструкція фірми Biothan; 1 — розподільча система; 2 — зона зброджування; 3 — газоспрямувальна перегородка; 4 — дефлектор; 5 — щілина (вхід у відстійну зону); 6 — газозбірний короб; 7 — відстійна зона; 8 — водозбірний лоток; 9 — окремий вхід у відстійну зону; 10 — окремий вихід з відстійної зони; А — вихідна стічна вода; В — біогаз; В — очищена стічна вода

і виходить з отворів у трубі біля самого дна. Потім вона зміщується з осадом і флотує у верхню частину біореактора. У верхній частині апарата розташований осаджувач у вигляді конуса (лійки), яка за допомогою гравітаційної сили повертає густу масу в реакційну зону. Метод розрахований на субстрати з низькою густиною і малою концентрацією органічних речовин (стічні забруднені води).

UASB-реактори застосовують і в періодичних процесах, які доцільно використовувати для прискорення конверсії силосу (рис. 24) [27]. Сьогодні UASB-реактори становлять більше половини усіх біогазових реакторів.

Для перероблення силосу в реакторах періодичної дії існують простіші технології, зокрема патентований процес BEKON компанії BEKON Energy Technologies GmbH and Co. KG (Німеччина), який відрізняється від технології Zorg тим, що силос бродить не в гетерофазному рідкому середовищі й не перемішується, а піддається постійному зрошуванню теплою рідкою фазою (перколяції), унаслідок чого зменшуються витрати на перемішування, а процес бродіння прискорюється [28] (рис. 25).

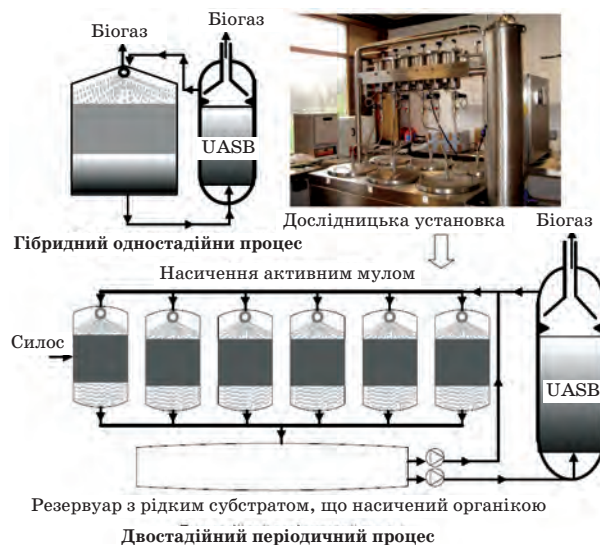


Рис. 24. Застосування UASB-реакторів у періодичних процесах



Рис. 25. Біогазовий завод BEKON під Мюнхеном

3. *Анаеробний фільтр.* Анаеробний фільтр — це реактор, заповнений досить великими інертними до біомаси тілами, наприклад камінцями або пластмасовими обрізками. На їхній поверхні фіксується біомаса. Частина біомаси розташовується в просторі між тілами у вигляді пластівців. Біогаз, що виділяється в процесі бродіння, пересуває ці пластівці доверху, але тіла утримують їх, і вони не вимиваються. Метод розрахований на очищення стічних вод з малою концентрацією органічних забруднень.

4. *Біореактор з ложем висхідного дна.* Використовують реактор без перемішувального пристрою. Наприкінці процесу шлам видаляють, але найважчу частину осаду залишають у реакторі. На початку процесу сировину подають в нижню частину і добре перемішують з осадом, багатим на мікрофлору.

5. *Біореактор з розширеним ложем і фіксованими біоплівками.* Біореактор цього типу відрізняється від анаеробного очищувача тим, що нижня частина його має розширене ложе для осаду (складчасте днище). Перед подачею свіжої сировини осад розбавляють рідким середовищем з попередньої партії. Крім того, до осаду додають дрібні частинки з неорганічних матеріалів, на яких закріплюється мікрофлора.

6. *Біореактор зі стаціонарними біоплівками.* Конструктивна суть цього реактора полягає в тому, що фіксація біоплівок проводиться цілеспрямовано на пластинах, які розташовують вертикально, а весь пакет пластинок закріплюють в контейнері, який занурюють у середовище. Для іммобілізації біомаси використовують найрізноманітніші матеріали: метали, пластики, губчасту гуму тощо. Вихід біогазу збільшується в середньому на 20 %.

7. *Біореактор із затримкою осаду з безперервним перемішуванням.* Технологія перемішування є такою, що наприкінці процесу на дні залишається густий осад, який разом зі шламом не виводиться (наприклад, мішалку зупиняють на деякий час для осадження густої фракції). Свіжу сировину подають через шар цієї густої фракції.

Когенераційні установки

Безперечно, рентабельність біогазових установок є низькою. Це пов'язано як з низькою вартістю сировини, так і з неможливістю збільшити ціни на кінцеву продукцію, тимчасом як вартість установок є досить високою. Тому термін окупності капітальних вкладень може досягати 10–20 років. Саме тому виникають проблеми з упровадженням біогазових технологій.

Підвищити рентабельність і знизити термін окупності намагаються різними шляхами, зокрема збільшенням масштабів установки, реалізацією побічних товарних продуктів, спрощенням установки до можливих меж. Кожен із цих шляхів має свої переваги і недоліки. Однак існує ще один шлях підвищення ефективності — використання тепла димових газів, якщо біогаз спалюється на місці для одержання електроенергії. Відтак, поряд з електроенергією одержують гарячу воду, яку можна використати для технологічних потреб або як теплоносії для опалювання приміщень. Відбувається когенерація джерел товарної енергії.

На рис. 26 показано порівняння ККД за роздільного та когенераційного виробництва електроенергії і тепла.



Рис. 26. Порівняння ККД когенерації з роздільним виробництвом електроенергії і тепла

Крім того, варто взяти до уваги, що біогаз має низьку теплотвірну здатність, тому далеко не кожне авто може використовувати цей вид пального. Це саме стосується й побутового газового обладнання. Отже, потрібне очищення біогазу від вуглекислого газу і, передусім, від сірководню, який при згорянні утворює надзвичайно корозійно-активні оксиди сірки. Спеціальні двигуни когенераційних установок розраховують саме на такі екстремальні умови. Ще однією перевагою біогазових станцій, які споряджено когенераційними установками, є те, що немає потреби в газгольдерах, оскільки товарна електроенергія відразу надходить до загальнодержавної електричної мережі.

Недоліком когенераційних установок є їхня висока вартість, яка, за даними компанії Zorg, становить від 52 % (для великих станцій) до 83% (для малих) вартості самих станцій.

Когенераційні установки різної потужності дають змогу задовольнити потреби в електроенергії не тільки сільськогосподарських підприємств, але й інших об'єктів народного господарства. Сьогодні випускають когенеративні установки малої потужності класу Premi (22–47 кВт), середньої потужності Sento (до 160 кВт), великої потужності Quanto (395–2016 кВт)

Слід зазначити, що когенераційні установки було створено не тільки і не стільки для біогазових установок, скільки для підняття ККД електрогенераторних установок, що працюють на природному газі й дизельному паливі.

Спеціально для біогазових виробництв фірма «Теплосюз Україна» пропонує когенераційні установки німецького виробництва потужністю від 100 до 1950 кВт (рис. 27).

Раніше ми зазначали, що когенераційні установки, що працюють на біогазі, випускає австрійсько-українська фірма «Хеммель-Україна», і біогазові станції Zorg за бажанням замовника можуть бути споряджені цими установками.



Рис. 27. Когенераційні установки для біогазових виробництв

Однією з провідних фірм, яка також здійснює виробництво когенераційних установок, є НВП «МАДЕК» (Україна), що є генеральним дистриб'ютором продукції заводу FG WILSON (Великобританія) в Україні. На рис. 28 і 29 показано приклади інсталяцій когенераційних установок цієї організації.



Рис. 28. Когенераційні установки фірми «МАДЕК»

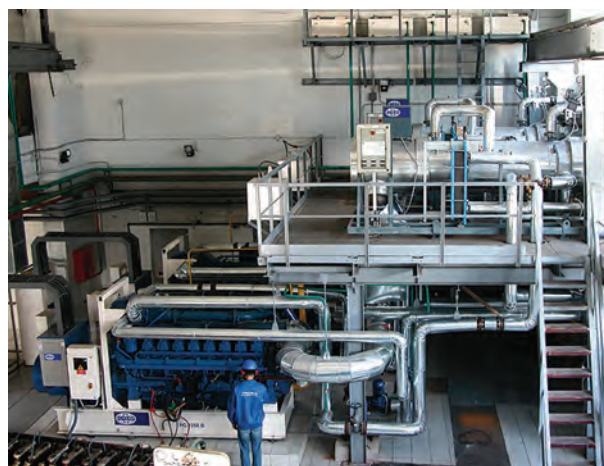


Рис. 29. Приклад інсталяції когенераційної установки компанії «МАДЕК»

Таким чином, описані в огляді процеси одержання біогазу за новітніми технологіями дають змогу уявити стан справ у цій галузі біотехнології й оцінити перспективи їх застосування в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М.* Биогаз: Теория и практика: Пер. с англ. — М.: Колос, 1982. — 148 с.
2. *Бойлс Д.* Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки: Пер. с англ. — М.: Агропромиздат, 1987. — 152 с.
3. *Сюффер С.* Биомасса как источник энергии: Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 368 с.
4. *Agricultural Biogas Casebook — 2004 Update.* — www.mrec.org/pubs/AgriculturalBiogasCasebook2004Update.pdf.
5. *Украина сосредоточится на производстве биогаза?* — <http://news.tradedir.ru/agriculture/news1840.htm>.
6. *Биогаз — один из наиболее перспективных для Украины альтернативных источников энергии.* — jankoy.org.ua/page.php?id=5078.
7. *Виробництво біогазу в Україні. Реферат* // <http://referat.parta.ua/referat/117203/>
8. *Сидоров Ю. І., Мельниченко О. С., Новіков В. П., Влязло Р. Й.* Розрахункова модель безперервного виробництва біогазу та її економічний аналіз // Вісник НУ «Львівська політехніка». — 2004. — № 497. — С. 65–70.
9. *Сидоров Ю. І., Дрога Т. О., Влязло Р. Й.* Розрахункові моделі виробництва гексоз з деревини кислотним і ензиматичним способами та їх порівняння // Там само. — 2005 — № 536. — С. 87–94.
10. *Первый раз — биогаз.* — <http://www.vb.by/article.php?topic=2&article=4285>.
11. *Ацакатов М.* Биоэнергия — иллюзия или реальность? // Полярная Звезда — сетевой журнал. — <http://zvezda.ru/economics/2007/06/26/bio.htm>.
12. *Смирнов О. П.* Энергосбережение и экология. Перспективы развития производства биогаза в Украине. — eneco.com.ua/library/7/52/.
13. *РеМир.* Биогаз. — <http://www.biodiesel.net.ua/index.files/page0002.h...>
14. *Украина займется производством биогаза.* — <http://ukroil.com.ua/news/print/9147.html>.
15. *Касимов А. М., Мелашенко А. С.* Биогаз полигонов ТБО — важный резерв альтернативных источников энергии. — nbuv.gov.ua/.../2008_2_3/EEJET_2_3_2008_26-28.pdf.
16. *Органические удобрения в Беларуси.* — [Deal.by — deal.by/Organicheskie-udobreniya.html](http://Deal.by/organicheskie-udobreniya.html).
17. *Библиотека экономиста:...* Черваньов: 3.2.1.1. Метод розрахунку чистого дисконтованого доходу. — library.if.ua/book/71/5204.html.
18. *Энергия биомассы. Проект ПРООН/ГЭФ ВУЕ/03/G31 в Беларуси.* Gerhard Ulz. BAUHERREN MAPPE BIOGAZ. — energoeffekt.gov.by/bioenergy/htdocs/mejdu.htm.
19. *Пат. 2281254 RU, МПК7 А 01 С 3/28.* Мегантенк / Л. В. Данилов, М. М. Маслов. — Заявл. 03.03.2005; Опубл. 10.08.2006; Бюл. № 22.
20. *Nichols C. E.* Overview of anaerobic digestion technologies in Europe // BioCycle. — 2004. — V. 45, N 1. — P. 47–53.
21. *Vandevivere P., De Baere L., Verstraete W.* Types of anaerobic digesters for solid wastes // Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes, J. Mata-Alvarez, Editor. — Barcelona: IWA Publishing, 2002. — P. 111–140.
22. *Ерина Т. Э., Винаров А. Ю.* Биотехнология ускоренной аэробной переработки навоза и ее аппаратное оформление. — http://conf.bstu.ru/articles/list/?conf_id=11&sort=day&page=...
23. *Nizami A.-S., Murphy J. D.* What type digester configuration should be employed to produce biomethan from grass silage // Environ. Sci. Technol. — 2009. — V. 43. — P. 8496–8508.
24. *Brochure: ID 2PAD™ Two-phase Anaerobic Digestion System.* — www.wateronline.com/download.mvc/ID-2PAD-Two-phase...
25. *2-PHASE ANAEROBIC DIGESTION TO ACHIEVE CLASS A BIOSOLIDS ...* — cstest.com/downloads/whitepapers/Biosolids.pdf.
26. *Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment ...* — www.calrecycle.ca.gov/Publications/Organics/2008011.pdf.
27. *Nizami A. S., Murphy J. D.* What type of digester configurations should be employed to produce biomethane from grass silage? // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2010. — V. 14. — P. 1558–1568.
28. *Biogas from Grass.* — www.sustainable-clon.com/.../UCCSusCl...erence.pdf.

**СОВРЕМЕННЫЕ БИОГАЗОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ***Ю. И. Сидоров*Национальный университет
«Львовская политехника»*E-mail: sydorowy@rambler.ru*

Рассмотрен современный технический уровень биогазовых технологий, в частности в Украине. Показано, что уровень внедрения этих технологий остается неудовлетворительным. Главной причиной такого состояния является отсутствие государственной программы развития малорентабельной биогазовой промышленности, которая, в свою очередь, зависит от наличия инвестиционных средств, в том числе государственных. На примере данных компании Zorg Biogas AG, которая в Украине доминирует среди иностранных компаний, предлагающих свою продукцию, с применением методики чистой текущей стоимости — NPV — показана несостоятельность функционирования прибыльных энергетических биогазовых предприятий. Сделан вывод о необходимости ориентации на собственные разработки в области биогазовых технологий, на государственную поддержку и интенсивные технологии. Показан мировой уровень современных интенсивных биогазовых технологий, в частности с использованием когенерационных установок.

Ключевые слова: биогаз, биогазовые технологии, рентабельность.

**MODERN BIOGAS
TECHNOLOGIES***Yu. I. Sidorov*

«Lviv's Polytechnica» National University

E-mail: sydorowy@rambler.ru

The modern technical level of biogas technologies is considered, in particular in Ukraine. It is shown that the level of introduction of these technologies remains unsatisfactory. The main reason of such state is absence of the government program of development of sufficiently not profitable biogas industry, which again depends on availability of investment facilities including the state one. On the example of the company's data Zorg Biogas AG, which is dominant in Ukraine among the foreign ones that offer their products using the technique of the net present value — NPV — it is shown insolvency of functioning of profitable biogas power plants. A conclusion is done about the necessity of orientation on own development in area of biogas technologies, State support and intensive technologies. The world level of modern intensive biogas technologies, in particular the use of the cogeneration plants.

Key words: biogas, biogas technologies, profitability.