

УДК 631.894:879.4

Павленко С., канд. техн. наук, Ляшенко О., інженер, Філоненко Ю., наук. співроб. (Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва ННЦ «ІМЕСГ»)

Закордонні технології анаеробного перероблення органічних відходів *

Технологія DRANCO може застосовуватись для анаеробного зброджування гною (рис. 3) з додаванням рослинної біомаси енергетичних культур (кукурудзи або силосу). Стебла кукурудзи вологістю близько 32% подрібнюються до часток розміром не більше ніж 20 мм. Кукурудзяна маса використовується в процесі зброджування без будь-якої попередньої обробки і навіть без додавання води, вона також силосується для використання у зимовий період. Зброджена маса має вологість близько 80% і може використовуватись безпосередньо як добриво або збезводнюватись.

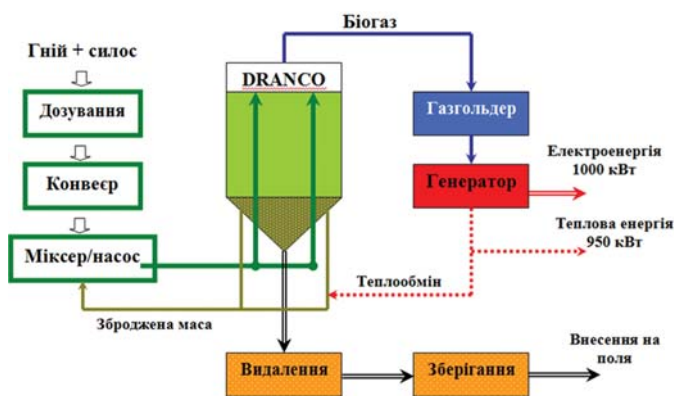


Рис. 3 – Технологічна схема з реактором об'ємом 1200 м³ для зброджування гною з кукурудзяним силосом

В біореакторі, що працює за технологією DRANCO, на заводі міста Твентсе щорічно переробляється до 50 тис. тонн відходів.

Узагальнені технологічні характеристики процесу DRANCO:

- біохімічне навантаження на одиницю об'єму біореактора становить від 10 кг до 20 кг ХСК/(м³·доба);
- температурні режими: термофільний – від 48 °С до 57 °С, мезофільний – від 35 °С до 40 °С;
- тривалість витримування субстрату в реакторі – від 15 до 30 діб;
- питома продуктивність за виходом біогазу – від 100 до 200 м³/т відходів;
- питома виробництво електроенергії – від 220 до 440 кВт·год/т відходів.

Технологія BEKON

Основний принцип твердофазного зброджування за технологією BEKON [3] полягає в тому, що органічна речовина, або відходи взагалі, можуть піддаватись

* Продовження статті. Початок див у № 9, 2014 р.

інокуляції рідиною, яка вже пройшла процес біоферментації. Такий підхід можна виконати заздалегідь, потім субстрат завантажити в ферментатор і піддати зброджуванню в герметично закритих спорудах (устаткуванні). Інший підхід полягає у тому, щоб процес інокуляції відбувався безперервно, тобто з використанням рециркуляційного руху утвореної рідини, якою зрошується субстрат безпосередньо в біоферментаційній камері.

Технологія BEKON – це покроковий періодичний процес. Різні стадії мікробіологічного розкладу (тобто, гідроліз, кислотогенна і метаногенна стадії) органічної речовини мають місце в одній і тій же камері (рис. 4). Періодичність процесу полягає в тому, що протягом усього терміну переробки ніякі додаткові відходи або компоненти не залучаються до його повного завершення.

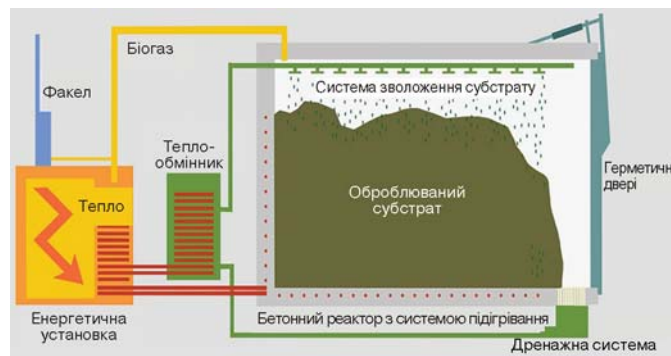


Рис. 4 – Схема технологічного процесу BEKON Dry Fermentation

За твердофазного зброджування, на відміну від рідинного, не передбачається розрідження біомаси відходів. Замість цього застосовується постійне зволоження відходів власною рідиною, що постійно проходить (відфільтровується) через субстрат, чим створюються ідеальні умови для життєдіяльності анаеробної мікрофлори. Температурні режими постійно коригуються в залежності від кожного наступного циклу фільтрації до того часу, поки процес вийде на оптимальний режим зброджування. Після завантаження субстрату протягом усього процесу його перероблення не передбачається будь-якого змішування, перекачування або розпушення всередині камери, у т.ч. без додавання нових порцій субстрату. Надлишкова рідина, а також гноївка, що утворюється в результаті розпаду органічної речовини, відфільтровується через субстрат і накопичується в дренажній системі та періодично спускається на поверхню відходів безпосередньо в камері.

Система BEKON ідеально доповнюється і легко поєднується з існуючими системами для прискореного біотермічного компостування відходів як закритого, так і відкритого типу з уніфікацією мобільних завантажувально-розвантажувальних технічних засобів.

Зброджування відбувається у мезофільному режимі за температури в межах 34-37 °С. Контроль і регулювання температурних режимів здійснюється шляхом підігрівання підлоги і стін камери, що забезпечує повний контакт субстрату фактично по всій поверхні реактора. Вироблений біогаз подається в енергоблок для виробництва теплової і електричної енергії. Як тільки процес зброджування завершений, камери спорожняються, а перероблена маса подається на подальшу переробку шляхом компостування або використовується безпосередньо як органічне добриво.

Основні технологічні та економічні переваги технології, які задекларовані фахівцями BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG:

- компактність устаткування завдяки можливості перероблення органічних відходів з високою концентрацією сухої речовини (до 50%);
- температурний режим мезофільний – від 34 °С до 37 °С;
- низькі енергетичні затрати (менше ніж 10% від виробленої енергії);
- високі якісні показники біогазу: вміст метану становить 60%, сірководню – до 200 ppm (0,02%), немає потреби у процесі видалення сірки;
- можливість використання доступних технічних засобів: транспорту на колісному ходу, фронтальних навантажувачів;
- невисокі капіталовкладення в забезпечення зберігання твердого переробленого субстрату.

Починаючи з 2002 року, з моменту спеціалізації BEKON за біогазовими технологіями з твердофазною ферментацією, побудовано 16 заводів.

Технологія BIOFerm

Фірма BIOFerm™ Energy Systems (Німеччина) починаючи з 2007 року увійшла до Viessmann Group (одного зі світових лідерів у галузі теплоенергетичного устаткування) і спеціалізується на твердофазній ферментації органічних відходів [5].

Органічні відходи, що надходять на переробку, накопичуються на відкритих майданчиках (рис. 5), при цьому вони не піддаються сортуванню і додатковій підготовці. У випадку додавання зеленої біомаси виконується операція змішування відходів з подальшим завантаженням у реактор. Процес зброджування відбувається без



Рис. 5 – Схема технологічного процесу BIOFerm: 1 – майданчик для біомаси; 2 – майданчик змішування; 3 – реактор; 4 – газгольдер; 5 – тепла установка; 6 – теплоенергогенератор; 7 – трубопроводи теплопостачання; 8 – електроенергія

додавання води, зволоження відбувається за рахунок утвореної збродженої рідини (percolate), яка виконує роль інокулятора відходів бактеріальною мікрофлорою. Вся відфільтрована рідина повністю використовується, що унеможливує її скид і, таким чином, забруднення ґрунтів і довкілля в цілому. Відходи в реакторі протягом усього циклу переробки знаходяться в нерухомому стані, тобто не перемішуються.

Утворений біогаз накопичується в полімерному газгольдері. За дослідженнями і результатами виробничої перевірки технології анаеробного твердофазного зброджування встановлено, що піковий вихід біогазу спостерігається від 7 до 14-ти діб кожного 28-денного циклу переробки органічних відходів. Біогаз від кожного реактора накопичується в загальному газгольдері і змішується з метою усереднення вмісту метану.

Зброджена у такий спосіб маса може піддаватись розділенню на фракції з вилученням сторонніх компонентів, які не розклалися, або взагалі не піддаються розпаду (полімерні відходи). За необхідності, у залежності від походження вихідних компонентів субстрату, зброджена маса може направлятись на додаткове компостування для покращення її агротехнічних властивостей з подальшим використанням як органічного добрива.

Узагальнені технологічні характеристики процесу BIOFerm:

- вологість органічних відходів – у межах 60–75%;
- мезофільний режим – за температури 40 °С;
- один реактор об'ємом 620 м³ переробляє близько 3 тис. тонн органічних відходів за рік;
- об'єм перероблюваних відходів по завершенні процесу зменшується на 40%, отриманий продукт може використовуватись як органічне добриво або переробляється в компости;
- низькі енерговитрати, які становлять близько 5-10% енергії виробленого біогазу;
- установлена теплоенергетична продуктивність реактора: виробництво електроенергії – 85 кВт, теплової енергії – 100 кВт;
- річне виробництво біогазу – 123 т на рік з одного реактора.

Метод твердофазного анаеробного зброджування за технологією BIOFerm пройшов випробування на 30-ти заводах з переробки відходів у країнах Європи, Америки та Азії.

Технологія Schmack

Фірма Schmack Biogas GmbH (Німеччина) заснована в 1995 році і на сьогодні входить до Viessmann Group.

Технологічний процес твердофазного анаеробного зброджування реалізовано в дизайнерському проєкті EUCO Titan [6], до складу якого входить контейнерний реактор EUCO TS. Основне призначення реактора – переробка зеленої біомаси (переважно енергетичних культур), що є привабливим для сільськогосподарських підприємств.

Реактор EUCO TS – більш продуктивна установка як у технологічному, так і в мікробіологічному сенсі порівняно з реакторами танкового типу (рис. 6). Він має витягнуту камеру, обладнану лопатевим пристроєм для перемішування біомаси з високим вмістом сухих речовин. Реактор придатний для твердофазного зброджування різноманітних органічних відходів.



Рис. 6 – Схема розташування устаткування EUCO Titan: а – 1 – змішувально-завантажувальна станція; 2 – приймальний резервуар; 3 – реактор EUCO TS; 4 – реактор рідинного типу; 5 – енергетичний блок; 6 – трансформаторна станція; 7 – накопичувач збродженої маси (герметичний); б – система завантаження реактора

Першорядна функція реактора – гідролітичне розкладання вихідної маси з подальшим подаванням її в реактор другого ступеня для поглибленого розпаду субстрату. В результаті гідролізу і гомогенізації маси вона не потребує інтенсивного змішування в реакторі другого ступеня. Разом з тим, реактор EUCO TS не лише гідролітичний: у ньому відбувається вивільнення близько 50% біогазу. Ця

особливість дозволяє більш гнучко використовувати його під час вибору вихідної сировини для збродження, а в комбінації з реактором другого ступеня – отримати максимальний вихід біогазу.

Широкий діапазон температурних режимів та високий рівень моніторингового контролю, у т.ч. аналіз біогазу, гарантує надійну і безперервну дію реактора у комплексі з іншим устаткуванням.

Реактор з такою системою змішування гарантує:

- рівномірність температурних полів;
- відсутність спливаючих поверхневих шарів маси;
- відсутність процесу седиментації і утворення осадових шарів;
- безперервне виробництво біогазу;
- змішування свіжих відходів зі збродженою масою;
- стабільність процесу і його керування.

Технологія 3A-biogas

Європейський Craft-Project 3A-biogas (Австрія) за Рамковою програмою FP5 Євросоюзу [7] започатковано з метою розроблення та впровадження нової технології, яка передбачає три стадії переробки твердих органічних відходів з виробництвом біогазу та високим рівнем санітарних вимог.

Основна мотивація полягає в тому, що значна кількість органічних матеріалів з високим вмістом сухих речовин переробляється шляхом аеробного компостування. Енергетичний потенціал відходів використовується переважно з метою підтримки процесу мікробіологічного розкладу органічних речовин. Додаткова енергія залучається на виконання механізованих операцій, зокрема на періодичне перелопачування оброблюваних субстратів. В сучасних системах компостування вивільнена енергія практично не використовується. Якщо масу не піддавати перелопачуванню, то виникає загроза неконтрольованого викиду різ-

номанітних газів, переважно двоокису вуглецю, метану тощо.

З іншого боку, обробка відходів поширеними анаеробними методами у переважній більшості потребує залучення великої кількості води, згодом ця ж вода повинна додатково перероблятися. Відповідним чином зростають енергетичні витрати на нагрівання вихідної маси, підтримування температурних режимів та матеріальних витрат на зберігання і транспортування значних обсягів збродженої маси, зокрема для потужних переробних об'єктів.

Створення нової технології 3A-biogas з періодичним процесом переробки твердих органічних відходів ґрунтується на поєднанні методів компостування і анаеробного зброджування. Вона охоплює виробництво біогазу, компостування та санітарно-гігієнічні аспекти в трьох стадіях процесу: 1 – аеробний; 2 – анаеробний; 3 – аеробний.

Обробці піддаються органічні відходи з вмістом сухої речовини у межах від 30% до 60% з використанням накопиченої енергії для утворення біогазу і частково вивільненої теплової енергії на стадіях аеробного процесу. Утворювана рідка фракція – стоки, залучається до процесу як рециркуляційний продукт. Цей процес був запатентований у 1988 році доктором Н. Steffen, а у 1996 був удосконалений системою рециркуляції стічної рідини.

Схему технологічного процесу наведено на рис. 7.

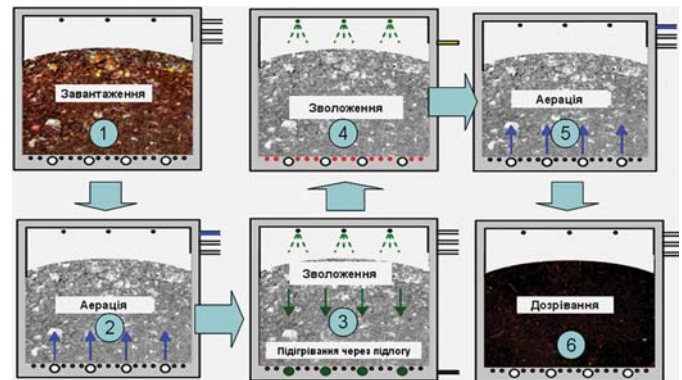


Рис. 7 – Схема послідовності технологічного процесу

Стадія перша – аеробна. Попередня підготовка субстрату полягає у можливому додаванні багатих на вуглець компонентів, наприклад, тирси, соломи, з метою підвищення виходу біогазу та вологопроникності субстрату.

Запуск реактора передбачає аерацію суміші з тим, щоб перейти на аеробний процес з нарощуванням температури до 55 °С, яка контролюється інтенсивністю подавання повітря. Тривалість аеробної стадії – від 3 до 6 діб, в залежності від властивостей вхідного субстрату. Ефективність першої стадії: знезараження патогенної мікрофлори; розігрівання субстрату без залучення додаткових енерговитрат; деградація легкокорозпадних органічних субстанцій та зниження відсотка утворення кислот.

Стадія друга – анаеробна. Ця стадія процесу передбачає утворення біогазу. Температура в реакторі підтримується в мезофільних умовах – від 35 °С до 45 °С. У цьому температурному діапазоні формуються анаеробні мікроорганізми, стійкі до кислотності

середовища. За термофільних умов (до 55 °С) активність мікроорганізмів значно вища, але вони більш чутливі до зміни кислотності субстрату.

Стадія третя – аеробна. Перехід на цю стадію передбачає залучення процесу аерації, відновлюються аеробні умови та діяльність аеробної мікрофлори з підвищенням температури до 70 °С. Протягом цієї стадії (близько 10 діб) маса біологічно стабілізується і позбавляється неприємних запахів.

Остаточне дозрівання матеріалу, за необхідності, здійснюється шляхом компостування за межами реактора.

Оптимізація системи 3A-biogas, з порівняно невисокими капіталовкладеннями, ставила за мету отримати до 300 м³ біогазу високої якості з 1 тонни сухої речовини відходів та високоякісний компост.

Технологія KOMPOFERM

Компанія KOMPOFERM® (Німеччина), що входить до групи Eggersmann Anlagenbau GmbH & Co. KG., розробила біогазові технології з мінімізованими експлуатаційними витратами та максимальним виходом біогазу, що ґрунтуються на твердофазному зброджуванні [8] (рис. 8).



Рис. 8 – Завод з переробки органічних відходів продуктивністю 20 тис. тонн на рік

Технологічний процес передбачає попередню підготовку відходів шляхом розділення їх на фракції (80–100 мм) без подрібнення і додавання води. До свіжих відходів може додаватись близько 10% кінцевого продукту як інокуляційного матеріалу.

Технічні показники типових технологічних рішень комплексів з перероблення органічних відходів

Показник	Технологічні процеси	
	KOMPOFERM	SMARTFERM
Річний обсяг перероблення відходів, т	20000	3600 (трава, біо-відходи, твердий гній)
Тривалість циклу, діб	21	21
Кількість ферментаторів, од.	8 (22x4,5 м)	4
Ферментатор для стічної води	1 (Ø 16 м)	-
Місткість газгольдера, м ³	550	400
Річний вихід газу, млн. м ³	1,8	
Установлена потужність електрогенератора, кВт	-	100
Річний обсяг виробленої енергії, тис. кВт·год/рік:		
- електричної	3740	788,4
- теплової	4200	969,7

Стадія анаеробного зброджування розпочинається з моменту завершення аерації субстрату та одночасного інокулювання його дренажною, анаеробно обробленою і підігрітою рідиною. Органічні кислоти, утворені після гідролізу, розчиняються в інокульованій рідині і стають доступними для анаеробного процесу (метаногенезу). Через кілька діб біологічно утворений метан накопичується разом з іншими вивільненими газами безпосередньо у ферментаційному тунелі. Біогаз, накопичений на ранніх стадіях процесу, може подаватись на зберігання, оскільки в газгольдері накопичується біогаз з усіх ферментаторів, що працюють у різних режимах. Газгольдер виконується з великим об'ємом накопичення біогазу, щоб усереднити в ньому концентрацію метану.

Метаболізм анаеробного процесу пов'язаний з наявністю високої концентрації вологи в субстраті. Для цього здійснюється постійне зрошування субстрату спеціальною розпилювальною системою. Ефективне відведення рідини, що стікає з субстрату (фільтрується через субстрат), здійснюється через дренажні канали з решічастим покриттям, які встановлені у внутрішніх стінах ферментаційних каналів. Накопичувальна зона додатково оснащена системою горизонтального дренажу. Організація такої рециркуляційної системи стоків з одночасним їх додатковим анаеробним зброджуванням і підігріванням гарантує підтримку необхідного температурного режиму в ферментаторах. Седиментаційні процеси не відбуваються за рахунок постійного фільтрування рідини самим субстратом та встановленням пісколовок.

Після трьох тижнів вивільнення газу зменшується і процес зупиняється, субстрат не зволожують, волога під дією гравітаційних сил стікає, субстрат піддається інтенсивній аерації під високим тиском. Таким чином біогаз видаляється з реакторного простору і направляється в загальний газгольдер до моменту, поки вміст метану не досягне технологічно заданого порогу. Збіднений біогаз спалюється.

Кінцевий продукт – компостоподібний зневоднений субстрат, який може бути додатково оброблений шляхом компостування до показників, встановлених споживачами компостів.

Таким чином, технологічний процес базується на таких основних положеннях:

- вхідний субстрат не потребує попередньої підготовки;
- для інокуляції використовується близько 10–15 % субстрату з попереднього процесу, який пройшов стадію анаеробного зброджування;
- для прискорення стартової стадії процесу застосовується аеробний процес з примусовою аерацією субстрату;
- спеціальна система дренажу дозволяє інтенсивно використовувати стічну рідину в рециклінгу для зрошування субстрату;
- завершальний процес передбачає аеробне компостування.

Технологія SMARTFERM – перший у світі напівмобільний завод з твердофазної анаеробної переробки відходів (споруджений у жовтні 2011 року) (рис. 9). До складу устаткування входять чотири модульних контейнерних реактори, що їх встановлюють на підземному резервуарі для накопичення і зброджування стічної рідини.

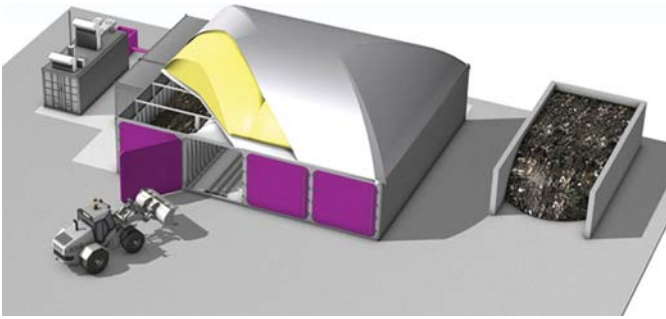


Рис. 9 – Модульний завод SMARTFERM з переробки органічних відходів продуктивністю 3,6 тис. тонн на рік (табл.).

Використання такої установки буде доцільним у місцях з підвищеними вимогами щодо охорони довкілля, а також з метою забезпечення власних енергетичних потреб електричною та тепловою енергією, у т.ч. для технологічних і соціально-побутових потреб.

Технологія Komprogas

Komprogas – швейцарська компанія [9], яка займається розробленням технологій анаеробного збродження понад двадцять років. Технологічний процес був розроблений В. Шмідом і згодом удосконалений компанією Buhler AG.

Процес Komprogas одностадійний, в горизонтальних реакторах з термофільним режимом збродження субстратів з високим вмістом сухої речовини. Органічні відходи після подрібнення подаються в приймальний бункер, який використовується для накопичення, змішування і дозованої подачі субстрату в біореактор. Подрібнені відходи накопичуються в приймальному резервуарі з об'ємом, розрахованим на 2-3 дні роботи і підігріваються до температури від 25 до 55 °С. Субстрат зволожується до вологості 72% рідиною, відібраною зі збродженої маси, а потім поршневым насосом подається в біореактор (рис. 10).



Рис. 10 – Схема технологічного процесу Komprogas

Процес збродження ведеться в термофільному режимі за температури 55–60 °С з терміном переробки протягом 15–30 дб.

Зброджена маса після реактора збезводнюється до вологості 50%, витримується протягом двох-трьох днів і утилізується на полях як добриво без остаточного дозрівання. В деяких регіонах, в залежності від властивостей і якісних показників субстрату, виробник сплачує витрати на перевезення.

За концепцією спеціалістів Komprogas, для установок з невеликими обсягами переробки відходів най-

більш ефективно виготовляти сталеві біореактори в заводських умовах і поставляти споживачу. Наприклад, реактор довжиною 25 м і діаметром 4 м може бути доставлений частинами на вантажівках і зварений на місці. Для великих установок більш раціонально виготовляти бетонні реактори безпосередньо на місці експлуатавання.

Технологія SEBAC

SEBAC, як новий технологічний процес, розроблений для переробки органічних відходів з високим вмістом сухої речовини в метан і компост. У розробці використовується рециркуляційний цикл стічних вод від власного процесу переробки з метою зволоження, інокуляції і видалення летких жирних кислот [10].

У розробці використані два важливі чинники – циркуляція стічних вод і послідовна організація процесу збродження органічної маси. Послідовність процесу полягає у завантаженні шару відходів з високим вмістом сухих речовин почергово, принаймні у двох реакторах (рис. 11).

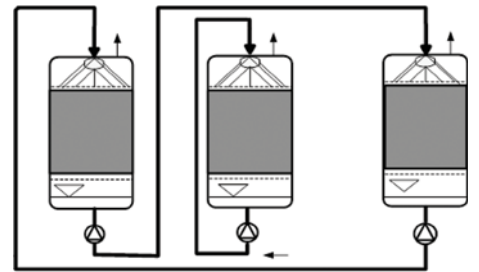


Рис. 11 – Схема технологічного процесу SEBAC

Стічна рідина з першого реактора, виведеного на режим, щоденно подається в реактор за номером 2, тобто відбувається постійна її рециркуляція. Керування процесом здійснюється шляхом обмеження концентрації летких жирних кислот, сформованих ще на початку запуску. Після того, як рівень рН рідини досягає значення 7, а вміст метану становить 50%, другий реактор від'єднується від першого. Стічна рідина в реакторі 2 переходить в стадію замкнутого циклу рециркуляції – реактор працює в режимі «сам по собі». У цей час реактор 1 спорожнюється і готується до нового циклу.

Стічна рідина від реактора, що знаходиться на завершальній стадії, за рахунок циркуляції до нового реактора забезпечує підтримку необхідної вологості, засівання свіжої нерозкладеної речовини відходів мікрофлорою, постачання поживних речовин і створення буферності субстрату, як складових, необхідних для старту нової стадії процесу.

Леткі жирні кислоти, які утворились в реакторі на стадії запуску, подаються разом із стічною рідиною до реактора зі сталим режимом роботи для перетворення в метан та двоокис вуглецю.

Тривалість процесу обмежується моментом, коли відходи вже розклалися. Вихід реактора на стабільний метаногенний режим роботи відбувається протягом двох тижнів. Встановлено, що реактор, в якому відходи піддаються інокуляції рециркуляційною рідиною, досягає метаногенної фази раніше, ніж реактори з відбором матеріалу чи просто регулюванням рівня рН. Таким чином, цей процес не лише не усуває потребу інокуляції, але й скорочує тривалість періоду збродження.

Наприкінці процесу, приблизно через три тижні, стічні води від реактора, що перейшов у режим стабільного метаногенезу, використовуються для запуску

нового реактора для подальшої циклічної роботи.

Слід зазначити, що тверда маса відходів не переходить з реактора в реактор, але, у свою чергу, проходить три стадії переробки протягом усього процесу.

Технології ECS (Engineered Compost Systems)

Стационарні закриті компостери (ECS SV Composter™) проектується як для малих, так і для великих систем переробки відходів й ідеалізовані для регіонів з теплим і холодним кліматом з температурою навколишнього середовища від +40 °C до -40 °C. Вони оснащені покращеною системою контролю за запахами, системою керування процесом та мінімальним забрудненням території у порівнянні з відкритими компостними системами та компостуванням у буртах. На додаток вони мають систему контролю за аерацією та моніторинг технології, що обумовлює легкість обслуговування взагалі всіх ECS систем.

Компостерні камери SV Composter™ виготовляються з монолітного бетону або з панелей. Розміри камер варіюються в залежності від вимог споживача чи особливостей процесу. Стіни і стеля добре ізолювані. Двері повністю герметизовані, захищені від атмосферних впливів та теплоізолювані. Всі зовнішні поверхні виконано з нержавіючої сталі. Підлога виконана з системою аераційних трубопроводів для подачі повітря. Конденсат та стічні води накопичуються в системі аераційних трубопроводів і відводяться в закритий приймальний резервуар.

Система аерації забезпечує прямий і реверсний режими роботи з метою керування і підтримки температурних режимів. Відпрацьоване повітря викидається через розроблений компанією біофільтр (рис. 12). Система аерації енергоощадна завдяки варіюванню швидкості обертання вентиляторів.



Рис. 12 – Біофільтр для очищення відпрацьованого повітря від неприємних запахів

Механізовані демпфери забезпечують контроль і напрямки повітряних потоків у кожній камері.

Позиціонування демпферів здійснюється в автоматизованому режимі системою керування.

Компанія Engineered Compost Systems (США) розробляє також системи AC Composter™ напівзакритого типу з використанням покривних тканинних матеріалів з метою зниження виділення неприємних запахів та обмеження втрат вологи. Система забезпечує високий рівень аерації відходів та прискорення розпаду органічних речовин. Перероблювані відходи можуть бути розміщені в купах, буртах або бункерах з різними системами аерації, вмонтованими в їх основу.

Технологія Valorga

Французька компанія Valorga International SAS була реорганізована у 2002 році. На сьогодні за розробленою нею технологією працюють понад тридцять установок в Іспанії, Німеччині, Італії, Швейцарії та Нідерландах. Основним конструкційним рішенням є циліндричний реактор з встановленою вертикальною перегородкою, ширина якої становить близько 2/3 його

діаметра. Органічні відходи розріджуються до пульпоподібної маси. Транспортування сировини здійснюється стрічковими й гвинтовими конвеєрами та потужними насосами, що працюють з в'язкопластичними матеріалами (25–30% сухої речовини). Анаеробне зброджування проходить в безперервному режимі. Змішування субстрату здійснюється кожні 15 хвилин вприскуванням біогазу під високим тиском. Тривалість процесу перероблення відходів – 18-25 днів з подальшим компостуванням протягом двох тижнів.

Основні переваги технології:

- високий вміст твердої фракції надає можливість уникати операцій зневоднення та обробки води;
- екологічна безпека на рівні вимог до процесу компостування (зниження неприємних запахів, патогенної мікрофлори, позбавлення схожості бур'янів);
- зменшення об'єму біореактора або нарощування обсягів перероблення відходів, скорочення термінів перероблення шляхом зброджування та подальшого компостування;
- виробництво енергії з поновлюваних джерел.

Законодавство Західної Європи, США й інших розвинутих країн, а також умови його виконання в порівнянні з Україною значно жорсткіші. Інвестиції в перероблення органічних відходів постійно зростають. Вкладання коштів спирається на підтримку держави, банків, що одержують прибуток від реалізації біогазу та добрив. На організацію сховищ «гаражного типу» витрачається 3,0–3,5 тис. євро на 1 кВт установленної потужності енергетичної установки. Біобарабани для перероблення органічних відходів пропонуються за 1,0–1,5 млн доларів (для забезпечення потреб ферми їх потрібно мати кілька). Кількість коштів на будівництво переробних підприємств органічних відходів можна порівняти з витратами на зведення невеликого тваринницького комплексу. Тож використання розглянутих технологій залежить від конкретної ситуації, фінансових можливостей промисловців-ентузіастів, законодавчих вимог та їх виконання, державної підтримки. Важливо підкреслити, що важко прояснити свої уподобання до конкретно обраної технології. Остаточний вибір має здійснюватися в процесі фахового аналізу конкретних умов. Шлях України до Європи пролягає через вирішення багатьох питань, одним з яких є приведення у відповідність до вимог ЄС норм, положень, регламентів, правил поведінки з органічними відходами.

Висновки. Розглянуто найбільш поширені технології перероблення органічних відходів. Виявлено основні напрямки розвитку технологій, їх технологічні та екологічні переваги. Встановлено, що використання методу «сухої» ферментації все більше поширюється. Основними напрямками подальших досліджень мають стати техніко-технологічні рішення з підготування субстрату до зброджування для біогазових установок з реактором об'ємом від 1000 м³.

Список літератури

1. Пат. 22699 Україна, МПК (2006) C02F11/04. Установа «Коала» для одержання біогазу та органічних добрив / Е. Ф. Шапаренко. – № у 200613222; опубл. 2504.2007, Бюл. № 5, 2007 р.
2. de Baere L. The Dranco technology: A unique diges-

tion technology for solid organic waste / L. de Baere // Booklet «Organic Waste Systems».

3. Innovative solutions for cities and agriculture // Brochure. BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG. – 12 p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cityofpaloalto.org/civica/filebank/blobload.asp?BlobID=19875> – Загол. з титул. екрану.

4. Lutz P. New BEKON biogas technology Batch process dry fermentation / Peter Lutz // Brochure. BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG. – 8 p.

5. Energy. Renewables – made in Germany: Information about German renewable energy industries, companies and products. 2010/11 edition / German Energy Agency. – Silber Druck oHG. – 2010. – 252 p.

6. EUCO Titan. Standardised plant system for flexible feedstock charging

7. 3A-BIOGAS – Three step fermentation of solid state biowaste for biogas production and sanitation: Final report / «EESD» Programme (1998–2002). Contract: ENK6-CT-2002-30026.

8. Biowaste Treatment: KOMPOFERM® dry fermentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.act-clean.eu/index.php?node_id=100.44&lang_id=1 . – Загол. з титул. екрану.

9. Partl H. Independent review of the KOMPOGAS technology: Final Report / H. Partl // Hyder Consulting Pty Ltd. – 1 June 2006. – 39 p.

10. Chynoweth D.P. Sequential batch anaerobic composting of the organic fraction of municipal solid waste. / D.P. Chynoweth, J. Owens, D. O’Keefe, J.F. Earle, G. Bosch, R. Legrand // Water Science and Technology. – 1992. – V. 25(7). – P. 327-339.

Аннотация. Проведен анализ наиболее распространённых технологий переработки органических отходов. Выявлены преимущества и недостатки существующих технологий. В последнее время все больше используются системы переработки отходов, которые определенным образом совмещают технологические особенности аэробных и анаэробных процессов.

Summary. The analysis of the most common technologies treatment organic waste. Advantages and disadvantages of existing technologies. Recently acquired distribution of recycling waste that somehow combine the technological features of aerobic and anaerobic processes.

Стаття надійшла до редакції 22 липня 2014 р.