

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ ЗАЛИШКІВ ПІСЛЯ АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ

Скляр О.Г., к.т.н., доцент, Скляр Р.В., к.т.н., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет

В роботі описується поточний стан технологій по відокремленню поживних речовин із залишків від бродіння. Наводиться можлива ступінь концентрації поживних речовин, витрати по технологіям та їх ефективність, а також оцінюються існуючі технології. Останні порівнюються з поточними витратами з використання залишків від бродіння і таким чином розглядається застосовність технологій на практиці.

Ключові слова – біогаз, метаногенеруючі бактерії, поживні речовини, зброджувана маса, анаеробний процес, гній, поточні витрати.

Постановка проблеми. Кількість і розмір біогазових установок у світі поступово збільшується. Має місце також інтенсифікація утримання тварин, яка застосовується і в регіонах з уже великою щільністю худоби. Це веде в деяких регіонах до великої кількості місцевих добрив, тому залишки від бродіння більше не доцільно використовувати на місцях в якості добрив. Ці добрива не тільки мають високий потенціал за поживними речовинами, вони ще можуть і перевантажити природний кругообіг речовин, якщо використовувати їх неправильно. Для ефективного використання цього потенціалу за поживними речовинами може знадобитися і стати доцільною концентрація поживних речовин, щоб отримати добриво, яке вигідно транспортувати в регіони без надлишків поживних речовин.

Аналіз останніх досліджень. Найпростіше використання залишків від бродіння - це їх внесення в якості добрив на сільськогосподарські поля без попередньої підготовки. У все більшій кількості регіонів таке використання поблизу від біогазової установки неможливо або можливо лише в обмеженій мірі. Висока орендна плата за відповідні площі або великі відстані для перевезення і, як наслідок, великі транспортні витрати можуть утруднити економічно ефективного використання. Для поліпшення привабливості перевезень залишків від бродіння використовуються і розробляються різні технології, які можуть ґрунтуватися на фізичних, хімічних або біологічних процесах (рис. 1) [1-3].

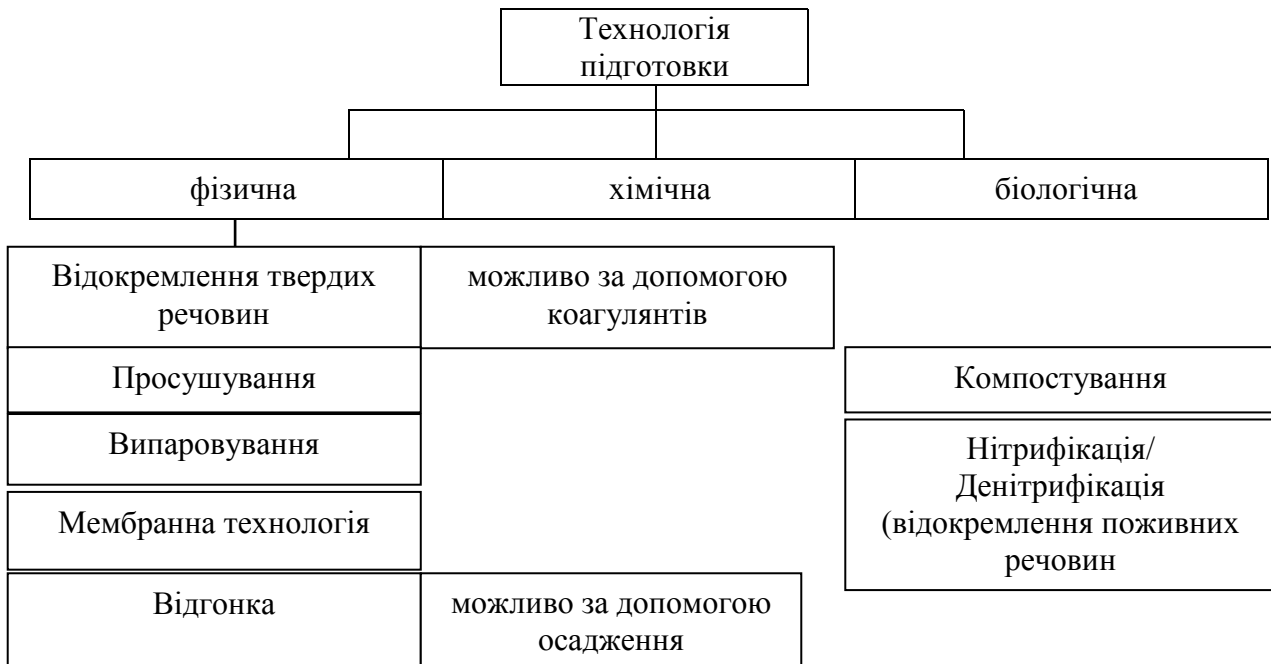


Рисунок 1 - Класифікація технологій підготовки з принципів технологічних процесів

Формулювання цілей статті. Провести огляд та аналіз технологій по відокремленню поживних речовин із залишків від бродіння, які ґрунтуються тільки на фізичних процесах.

Основна частина. Розглянемо технології підготовки залишків від бродіння, які ґрунтуються на фізичних процесах. [3]

Використання залишків від бродіння без підготовки (зберігання необроблених залишків від бродіння і внесення).

У сенсі внесення поживних речовин в загальний кругообіг речовин бажано внесення залишків від бродіння на площі вирощування використовуваних в біогазових установках поновлюваних видів сировини. Зазвичай такі площі розташовані безпосередньо поблизу від біогазових установок, так що транспортні шляхи є короткими і перевезення та внесення з використанням одного транспортного засобу без перевантаження (одноетапне застосування) вирізняється прийнятною вартістю. Для відстаней більше 5 км транспортування і внесення здійснюється різним обладнанням. Загалом виходить, що зі збільшенням відстані перевезення витрати на обидві технології суттєво збільшуються, оскільки вміст поживних речовин у залишках від бродіння, віднесене до їх перевезеної маси, відносно невеликий. Тому метою підготовки залишків від бродіння є зменшення вмісту інертної води і цілеспрямоване збільшення концентрації фракцій поживних речовин.

Відділення твердих фракцій

Відділення твердих фракцій - це основна технологія підготовки залишків від бродіння. Переваги відділення твердих фракцій полягають у зменшенні обсягів зберігання рідких залишків від бродіння, а також шарів, що занурюються і спливають при зберіганні. Але перш за все відбувається розподіл

поживних речовин, тому що розчинний, мінеральний азот залишається переважно в рідкій фракції, а органічно пов'язаний азот і фосфор в основному виділяються з твердою фракцією. Сепарована, бідна сухою речовиною (СР) рідка фракція може вноситися на поля або перероблятися далі, а тверду фракцію можна компостувати або висушувати. Залежно від необхідного ступеня розподілу використовуються переважно сепаратори з прес-шнеками, преси з сортувальними барабанами або транспортерами і декантатори.

Продуктивність сепарації всіх технологій особливо залежить від властивостей залишків від бродіння і налаштувань сепаратора. Чим вище вміст СР в залишках від бродіння, тим більше досягається зменшення обсягу і виділення фосфору та органічного азоту з твердою фракцією. Сепаратори з прес-шнеками дозволяють досягти вмісту сухої речовини в 30% у твердій фракції, на декантаторах це, як правило, неможливо, але за допомогою тільки цієї технології можна досягти вмісту СР менше 3% в рідкій фракції, що є передумовою для використання деяких інших технологій подальшої переробки рідкої фази. Втім, для декантаторів необхідно мати незмінний склад матеріалу, що подається, а в порівнянні з сепараторами вони швидше зношуються і споживають більше енергії.

Для поліпшення сепарування на сепараторах використовуються, частково, коагулянти. При цьому необхідно враховувати нормативні положення відносно добрив.

Додаткова переробка твердої фракції

Можливо безпосереднє внесення окремої твердої фракції в якості добрива. Але тому що при цьому можлива іммобілізація азоту, поширення неприємного запаху або насіння бур'янів, відокремлена тверда фракція піддається подальшій переробці.

Компостування. Це аеробна обробка органічних відходів з метою стабілізації органічних компонентів, знищення патогенних мікроорганізмів і насіння бур'янів, а також усунення сполук з інтенсивним запахом. У залишки від бродіння, що компостуються, повинен подаватися достатній об'єм кисню. Тому що в залишках від бродіння скоріше не вистачає структури, для успішного компостування в них повинен подаватися відповідний матеріал (наприклад, мульча з кори) або ж матеріал потрібно часто перемішувати.

Внаслідок анаеробного розкладання вуглецю в біогазовій установці зменшується саморозігрів під час компостування в порівнянні з необробленим органічним матеріалом. Під час компостування досягаються тільки температури до 55°C, а не до 75°C, що було б необхідно для успішної гігієнізації.

Одержуваний компост може, в порівнянні зі звичайним компостом, використовуватися безпосередньо для поліпшення якості ґрунту [2,3].

Висушування. Для цього можуть використовуватися технології, які вже довели свою ефективність в інших сферах. Це, наприклад, барабанні, стрічкові сушарки або сушарки з механічним перемішуванням. У більшості систем сушарок тепло передається гарячим повітрям, яке проходить через матеріал, який просушують, або над ним. Для цього може використовуватися тепло, яке

одержують з біогазових установок, якщо його не можна використовувати в інших цілях.

Амоній, який міститься в твердій фракції, при висушуванні здебільшого переходить у вигляді аміаку до використаного для просушування повітря. З цієї причини для зменшення викидів аміаку може знадобитися очищення відпрацьованого в сушарці повітря. Також можуть мати місце викиди запахів, які слід видаляти системою очищення відпрацьованого повітря.

Шляхом висушування сухої фракції може досягтися вміст сухої речовини мінімум у 80%. Завдяки цьому суху фракцію можна складувати і перевозити.

Подальша переробка рідкої фракції

Менший вміст СР в сепарованій рідкій фракції полегшує складування та внесення на поля в порівнянні з необробленими залишками від бродіння. Але найчастіше бажано додаткове зменшення обсягу і збагачення поживних речовин в рідкій фракції, які можуть досягатися наступними технологіями.

Мембранна технологія. Обробка сильно забрудненої біологічними речовинами води за допомогою мембранної технології вже широко поширена в галузі очищення стічних вод. Це призвело до того, що її відносно добре адаптовано до залишків від бродіння і вже використовується на окремих біогазових установках. На відміну від більшості інших технологій підготовки відходів від бродіння для цієї технології не потрібно тепло. Тому мембранна технологія може застосовуватися і на тих установках, які підключені до газової мережі або системи газопідготовки і не мають надлишкового тепла.

Щоб запобігти передчасному забивання мембран, вміст СР в рідкій фракції не повинен перевищувати 3%. У більшості випадків це вимагає розподілу на тверду і рідку фракції в декантаторі [2,3].

Згущення. Згущення залишків від бродіння цікаво для біогазових установок, на яких є великий надлишок тепла, тому що потрібно близько 300 кВт·год_{терм}/м³ випареної води. Для установок, які використовують велику частку рідкого гною і внаслідок цього мають великий обсяг залишків від бродіння у співвідношенні з виробленою енергією, ця технологія може застосовуватися тільки з обмеженнями. Для розрахункової модельної установки при ваговій частці в 50% рідкого гною в субстраті, що подається, тільки 70% необхідного тепла може забезпечувати біогазова установка. На даний момент зібрано лише незначний досвід згущення залишків від бродіння.

Технологія реалізується переважно багатоступеневим процесом. Спочатку матеріал нагрівається, а потім температура при зниженому тиску поетапно доводиться до точки кипіння. Щоб уникнути втрат аміаку, показник рН в рідкій фракції знижується шляхом додавання кислоти. Технічні проблеми на виробництві можуть виникати внаслідок забивання і корозії використовуваних теплообмінників. На вакуумній установці випарювання обсяг залишків від бродіння зменшується приблизно на 70%. Нагрівання залишків від бродіння під час випарювання до 80-90°C дозволяє проводити під час процесу і гігієнізацією.

Завдяки випарюванню в порівнянні з подачею в концентраті можуть

досягатися концентрації твердої фракції аж до 4-кратної, відповідно зменшуються витрати на зберігання і перевезення. Але пряме введення очищеного конденсату до водозбірника неможливе, оскільки не дотримуються нормативні дані.

Відгін. Це технологія, при якій з рідини видаляються компоненти, для чого крізь рідину направляються гази (повітря, водяна пара, димовий газ), а компоненти переходять в газову фазу. При цьому амоній перетворюється в аміак. Цей процес може підтримуватися збільшенням температури і показника рН. Це використовується, наприклад, при паровому відгоні, тому що при зростанні температури зменшується необхідний обсяг газового потоку. На наступному етапі десорбції аміак з рідкої фази переводиться в придатний для подальшого використання або утилізації продукт. Десорбція NH_3 з потоку газу може проводитися шляхом конденсації, мийки з кислотами або реакції водяного розчину з гіпсу. Кінцевими продуктами десорбції є, як правило, сульфат амонію і аміачна вода [2,3].

При випаровуванні досягнення нормативних показників для подачі очищеної води в мережу на даний момент не забезпечується.

Використання підготовлених залишків від бродіння.

Тверді речовини після сепарування за своїми властивостями можна порівняти зі свіжим компостом і можуть як і він використовуватися як добрива і для збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті. Але свіжий компост використовується переважно в сільському господарстві, так як під час його зберігання та внесення до ґрунту можуть виділятися запахи. Щоб отримати продукт для продажу, слід спочатку провести стабілізацію залишків від бродіння за допомогою, наприклад, компостування. Але при невисокій ціні твердої речовини така переробка є неекономічною. Альтернативою цьому є висушування твердої фракції, яке вже описано вище. При цьому виходить продукт, який можна зберігати і перевозити, і який можна використовувати для цілеспрямованого внесення Р і К (див. таблицю 1) на площі з великим азотним навантаженням.

Рідка фракція з сепарації використовується в деяких біогазових установках, наприклад, в якості рециркулята. Крім того, зменшення вмісту СР робить можливим більш точне внесення з меншими втратами NH_3 . Завдяки меншому вмісту Р у порівнянні з необробленими залишками від бродіння в регіонах з інтенсивним утриманням худоби поблизу від підприємств можна використовувати більш суттєві обсяги, тому що там внесення, як правило, обмежене вмістом Р в ґрунті. Проблеми з регіональними надлишками азоту в більшості вирішуються додатковою переробкою рідкої фракції, тому що тільки сепарацією зменшення обсягів транспортування не досягається [2,3].

Таблиця 1 – Вміст поживних речовин у фракціях, в якості зразка розрахований для технологій підготовки

Технологія підготовки	Фракція	Вагова доля, %	N _{орг} кг/т	NH ₄ -N кг/т	P ₂ O ₅ кг/т	K ₂ O кг/т
Без обробки	Рідка		2	3,6	2,1	6,2
Сепарація	Тверда	12	4,9	2,6	5,5	4,8
	Рідка	88	1,6	3,7	1,6	6,4
Стрічкова сушарка	Тверда	5	13,3	0,7	14,9	12,9
	Рідка	88	1,6	3,7	1,6	6,4
	Відпрацьоване повітря	7	-	-	-	-
Мембрана	Тверда	19	4,9	4,4	6,8	4,5
	Рідка	37	2,8	7,4	2,1	14,4
	Стічні води (очищенні)	44	Досягнуті граничні значення для подачі безпосередньо до водозбірника			
Випаровування	Тверда	19	4,9	4,4	6,8	4,5
	Рідка	31	3,4	8,9	2,5	17,3
	Технологічна вода	50	Не підходить для подачі до водозбірника			
Відгонка	Тверда	27	6,8	3,5	7,5	21,7
	Рідка (РСА)	3	0	80,6	0	0
	Технологічна вода	70	Не підходить для подачі до водозбірника			

РСА – розчин сульфату амонію

Для продуктів переробки рідкої фракції з вмістом поживних речовин збут найчастіше можливий тільки в обмеженому обсязі. Концентрація поживних речовин в них перевищує концентрацію поживних речовин у залишках від бродіння (таблиця 2), що робить їх більш вигідними для транспортування, але вона значно нижче в порівнянні з мінеральними добривами. Це у багатьох випадках може ускладнювати застосування, тому що відсутня необхідна техніка внесення на поля. Для внесення розподільниками зі шлангами, що волочатся, які використовуються для внесення гною та залишків від бродіння, необхідні досить великі обсяги щоб зробити можливим рівномірний розподіл поживних речовин по площах. Обсягів внесення, які становлять істотно більше 1 м³/га, важко домогтися за допомогою стандартної техніки.

Розчин сульфату амонію (РСА) з відгону найкраще відповідає вимогам до продукту переробки, який можна використовувати. Він містить майже 10% N і вже продається у великих обсягах в якості продукту очистки відпрацьованого повітря та побічного продукту хімічної промисловості для сільського господарства, де використовується як добриво.

Висновки. Представлені в роботі технології підготовки залишків від бродіння сильно відрізняються один від одного за своєю поширеністю та надійності функціонування. Технології сепарування залишків від бродіння відповідають сучасному рівню техніки і вже використовуються. Але в разі часткової підготовки, як правило, обсяг внесених матеріалів не зменшується, а витрати на внесення залишків від бродіння збільшуються.

Технології висушування твердої фази вже довели свою ефективність в інших галузях і адаптуються для висушування залишків від бродіння. При цьому очікуються лише незначні технічні проблеми. Втім, висушування

залишків від бродіння цікаво з економічної точки зору тільки в тому випадку, якщо залишки після висушування можуть використовуватися з прибутком або якщо тепло біогазової установки інакше взагалі не можна використовувати.

Технології обробки рідкої фази ще не відповідають сучасному рівню техніки, вони все ще потребують додаткового розвитку. Більше за інших розвинена мембранна технологія. Незважаючи на це дана технологія ще може розвиватися далі, щоб зменшити споживання енергії і знос.

Технології випарювання і відгону на великих установках промислового масштабу використовується ще мало. З цієї причини економічна оцінка та очікувана якість продукції ще пов'язані з великою невпевненістю, а технічні ризики є порівняно високими.

Список використаних джерел

1. Баадер В. Биогаз: теория и практика/ В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. - М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Процесс анаэробной переработки: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.fluid-biogas.com/.
3. Руководство по биогазу. От получения до использования/ Агенство по возобновляемым ресурсам.- 5-е изд., перераб. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://esco-ecosys.narod.ru/2012_9/art272.pdf
4. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие/ Б. Эдер, Х. Шульц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf

Аннотация

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ ОСТАТКОВ ПОСЛЕ АНАЭРОБНОГО БРОЖЕНИЯ

Скляр А.Г., Скляр Р.В.

В работе приводится анализ технологий подготовки остатков от брожения в биогазовых установках.

Abstract

ANALYSIS TECHNOLOGY TRAINING RESIDUE AFTER ANAEROBIC FERMENTATION

A. Skliar, R. Skliar

In this paper the analysis of induced technology training residues from the fermentation in biogas plants.