

УДК 631.171

АНАЛІЗ І ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ КОМПОСТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Павленко С.І.

Ляшенко О.О.

Лисенко Д.М.

Харитонов В.І.

Інститут механізації тваринництва НААН України

Розглянуто технологічні процеси та технології компостування сільськогосподарських органічних відходів

We consider processes and technology composting of agricultural organic wastes

Мета: визначитись спрямованість, тенденції розвитку та перспектива технологічних процесів та технології компостування сільськогосподарських органічних відходів.

Результати дослідження. Компостування поділяється на два типи у залежності від природи процесу біологічної декомпозиції органічної речовини: *анаеробне компостування* і *аеробне компостування*.

Процес *анаеробного компостування* відбувається при відсутності кисню, або при обмеженому його надходженні в компостну суміш. Цей метод характеризується домінуванням анаеробних мікроорганізмів і відповідним вивільненням (утворенням) проміжних сполук, включаючи метан, органічні кислоти, сірководень та інші сполуки і компоненти. За відсутності кисню ці сполуки накопичуються і не піддаються подальшому перетворенню при обміні речовин. Деякі з них мають неприємний запах та негативний фітотоксичний вплив на рослини. Анаеробне компостування – низькотемпературний і довготривалий процес, що не забезпечує позбавлення схожості насіння бур'янів та патогенної мікрофлори. До переваг слід віднести мінімізацію експлуатаційних витрат та менші втрати поживних речовин.

Процес *аеробного компостування* відбувається за наявності достатньої кількості кисню. Розпад органіки супроводжується розкладом органічних сполук з вивільненням вуглекислого газу, аміаку, води теплової енергії і утворення стійких кінцевих продуктів (компосту) з властивостями близькими до гумусу. Вивільнене тепло прискорює розпад білків, жирів і комплексних вуглеводів (целюлози, геміцелюлози) з відповідним скороченням процесу в цілому. Контрольовані високотемпературні процеси забезпечують позбавлення схожості насіння бур'янів та знезараження патогенної мікрофлори. Не дивлячись на більш високі втрати поживних елементів цей процес більш ефективний з точки зору використання компосту в рослинництві і отриманні екологічно безпечної продукції за рахунок передбачуваних і планованих агротехнічних властивостей.

Системи аеробного компостування поділяються на відкриті і закриті, з примусовою пневматичною (напірною, відсмоктувальною), механічною чи комбінованою системами аерації.

На сьогодні відомо багато систем компостування органічних відходів, які знайшли своє використання в різних галузях господарювання з метою перероблення і подальшого використання як органічного добрива. Класифікація якої наведена на рисунку 1.

До раціоналізації способів підготовки гною та інших органічних відходів була звернена увага ще на початку ХХ століття. Найбільш поширеним у світі є компостування в

купах та буртах, яке відноситься до відкритих систем компостування і виникло як результат простого накопичення і природного зберігання гною.

Способи накопичення і зберігання гною в купах поділялись на три різновидності:

- звичайне накопичення;
- підготовка “холодного” ущільненого гною;
- підготовка “гарячого” гною за методом Кранца.

Всі три способи досліджувались в експериментально-виробничих умовах в науково-дослідному інституті органічних добрив Перетуріним Ф.Т. і Мамченковим І.О. в 30-х роках минулого століття [1, 2].

Компостування шляхом поступового накопичення в купах ще й на сьогодні базуються на будь-якому довільному складанні гною в купи і є низько технологічним, обумовленим великими втратами сечівки і відповідно азоту та калію, а також забрудненням навколишнього середовища.

Спосіб холодного зберігання гною полягав у тому, що гній укладається в купу висотою до 1 м, шириною не менше 1-1,5 м і водночас ущільнюється, на перший шар укладається другий шар також висотою в 1 м і знову ущільнюється. Всього накопичується 3-4 шари. При такому готуванні розпад гною відбувається повільно, так як в доступ повітря середину купи обмежений або відсутній, температура не перевищує 25-30°C, а на кінець зберігання еквівалентна температурі навколишнього середовища. Ці два способи слід віднести до анаеробного компостування.

Готування “гарячого” гною за методом Кранца відрізнявся тим, що гній пухко укладався в купу висотою 0,8-1,0 м і шириною не менше 1,5 м. На другу-третю добу температура в середині купи гною підвищується до 60-65°C. Після цього купа ущільнюється, а поверх неї формується другий пухкий шар. Температура знову підвищується за 2-3 доби до 60-65°C. Після цього останній шар знову ущільнюється, на нього таким чином укладається третій, четвертий, і так до шести і більше шарів. Після ущільнення шарів температура в купах починає спадати, знижуючись до 20-30°C протягом 3-4 місяців до кінця зберігання. В той же час температура в середині купи деякий час може утримуватись на рівні 60-65°C. Більшість бактерій, що розкладають гній, гинуть, і подальший його розклад гною після ущільнення уповільнюється при незначній кількості бактерій [2, С. 75-77]. Результати досліджень цих способів подані у табл. 1.

Таблиця 1

Втрати сухої речовини і азоту з гною після 4 місяців зберігання

Спосіб готування гною	Солом'яна підстилка		Торф'яна підстилка	
	Втрата сухої речовини, %	Втрати азоту, %	Втрата сухої речовини, %	Втрати азоту, %
Холодний	16,5	14,9	7,0	1,0
Гарячий	33,7	23,4	32,9	17,1
Розпушений	39,4	29,5	40,0	25,2

Використовувались й інші способи компостування в купах. Відмінність їх полягала у тому, що гній укладали на торф чи на інший вологопоглинальний матеріал, а потім формували в купи і покривали захисним шаром торфу. Такий спосіб компостування використовували при зимовому закладанні гною з метою недопущення повного промерзання куп.

Компостування в буртах був і залишається найбільш поширеним як на Україні, так і у світі, завдяки своїй відносній простоті і можливості використання у різних природно-кліматичних зонах. Основні технологічні підходи до компостування в буртах зображені на рисунку 1.

На основі проведених досліджень і досвіду традиційного готування компостів, що склався протягом минулого століття, сформувався пошаровий спосіб компостування. Він використовувався для готування торф'яно-гноювих, солом'яно-гноювих і змішаних компостів протягом всього року. На вибраний ґрунтовий майданчик транспортними засобами завозиться торф, який потім рівномірно розподіляється, утворюючи основу бурта. Товщина шару складала 0,4-0,5 м на який ковшовими навантажувачами укладався гній. У подальшому маса перемішується бульдозерами і розрівнюється для формування наступного шару. Багат шаровий бурт формувався шириною 4-5 м, висотою 1,5-2 м і не обмежувався по довжині. По завершенні формування бурту він покривався шаром торфу товщиною 0,5-0,7 м.

Також виготовлялись компости з застосуванням соломи, яка зволожувалась водою, гноївкою або стоками. Солома для кращого зволоження подрібнювалась до 10-15 см. Компостну купу закладали не за один раз, а поступово окремими шарами. Після формування першого шару (0,3 м) солома зволожувалась декілька разів з додаванням розчину сечовини і самочинно розігрівалась до 60°C. Потім операція повторювалась до формування купи висотою до 2 м. В залежності від того, чим зволожувались солома спосіб називали англійським (вода) або французьким (гноївка). Вологість підтримували в межах 60-70%. Термін переробки тривав до 4 місяців [3].

Компостування з природною аерацією. У 20-х роках Albert Howard [4] запропонував інший підхід до процесу створення компосту, процес загальновідомий як метод Індори (Indore method) за назвою дослідницької ферми, на якій він працював в Індії. За кордоном Albert Howard вважається „батьком сучасного компостування”. Його перша невелика книга „*The Waste Products of Agriculture: Their Utilization as Humus*” [5] вийшла у 1931 р.

В основу методу було покладено пошарове формування напівзаглиблених буртів. В загальній висоті шарів до 1,5 м, які склалися з гною, фекалій, побутових відходів, а також листя, соломи, відходів овочівництва, влаштовувались вертикальні отвори для аерації. Маса, як правило, двічі-тричі перелопачувалась протягом всього процесу підготовки і, при необхідності, зрошувалась водою. Основне положення, яке встановив А.Howard: „...кількість нітратного азоту в готовому компості переважає загальну кількість азоту, що знаходилась у вихідних матеріалах...”.

Деякі пошукові роботи були спрямовані на розробку різноманітних способів прискорення процесу компостування. Так, наприклад, спосіб розроблений Беккері [7], на першій стадії передбачав анаеробний процес ферментації, а потім аеробну обробку. Для цього в закритій місткості періодично відкривались вентиляційні люки для надходження повітря. Але за таких умов аеробний процес протікав тільки в поверхневих шарах на глибині 2,5-5,0 см. Контейнер Беккері мав люк зверху для завантаження маси і отвір збоку для вивантаження. Пізніше цей процес було модифіковано, щоб забезпечити циркуляцію газів та рециркуляцію утвореної стічної рідини.

Аналогічні системи використовувались для компостування твердих побутових відходів з природної аерацією в заглиблених штабелях [8]. В основі штабеля створювали горизонтальні дренажно-вентиляційні канали на відстані 2,0-2,5 м один від одного. В кінці кожного з каналів влаштовувались вертикальні стояки діаметром 150-200 мм з висотою на 1,5 м вище штабеля. Під час біотермічного процесу тепле повітря по каналах через стояк виходить в атмосферу. Швидкість проникнення свіжого повітря в штабель складала 0,3 мм/с, а швидкість руху через стояк від 1,0 до 2,0 м/с. Дослідження дозволили з'ясувати, що протягом доби відбувається восьмикратний повітрообмін, який підтримує нормальний біотермічний процес.

Аерація була подальшим кроком в розвитку процесу компостування за аеробних умов. Використовувалась аерація шляхом механічного перелопачення, а також за рахунок вентилявання.

На стадії свого розвитку спосіб *компостування в буртах з примусовою аерацією* знайшов розповсюдження переважно для компостування осадів стічних вод. В США на території дослідного центру USDA застосовується так званий Бельтсвільський (Beltsville) метод [9, 10] компостування осаду стічних вод вологістю 78% в штабелях з додаванням щепи в об'ємному відношенні 1:2 (рис. 1).

Основна його ідея полягає в тому, що на попередньо підготовлену основу із деревної щепи монтуються перфоровані пластмасові труби діаметром 0,1 м. Зверху вони покриваються шаром товщиною 0,3 м з щепи, стружок або несіяного компосту і приєднуються до вентилятора. На цій основі формується штабель довжиною 15 м, шириною від 3 м до 7 м і висотою до 3 м із суміші збезводненого осаду та домішок (тирси, стружок, подрібненого паперу, листя тощо). Для попередження розповсюдження неприємних запахів та непередбачених тепловтрат штабель покривається шаром просіяного компосту товщиною 0,3 м. Період дозрівання компосту з аерацією повітрям триває 21-28 днів, а потім стільки ж витримується в штабелі після додаткового перелопачення. Аерація здійснюється періодичним включенням напірної та відсмоктувальної систем вентиляції. Для цієї системи є достатнім надходження повітря 0,2 м³/хв. на тону [11]. Відокремлення крапель вологи з повітря відбувається в конденсатозбірнику. Відпрацьоване повітря проходить через шар просіяного компосту, де газу, які мають неприємний запах, адсорбуються. Щепу можна використовувати кілька разів шляхом просіювання. Для цього необхідно, щоб вологість компосту була близько 40%.

В останні роки найбільше застосування знайшли технології *компостування на механізованих майданчиках з твердим покриттям*, розрахованих на навантаження від спеціальних технічних засобів, що застосовуються для механізації процесів.

Компостування запроваджувалось з застосуванням козлових кранів ККС-Ф-2 (ПОУ-40), які рухаючись подовж спеціальних секцій для компостування гною, проводять всі технологічні операції. Секції попередньо заповнені гноем, додатково завантажуються за допомогою козлового крана вологопоглинальним матеріалом (торф, солома). Подальші компоненти змішуються і вивантажуються на компостний майданчик. Суміш витримується до завершення біотермічних процесів, а потім краном завантажується в транспортні засоби.

Для виробництва компостів можуть бути використані: штабелювальна машина МТФ-71, шнековий аератор змішувач СА-100, машина для готування компостів МПК-Ф-1 (модифікація навантажувача безперервної дії ПНД-250), бульдозери-навантажувачі типу ПФП, екскаватори типу ПЕ, стаціонарні змішувачі типу С.

Компостування у напіввідкритих спорудах тунельного типу є одним із технологічних напрямів системи компостування, що виконуються у вигляді видовжених горизонтальних місткостей, контейнерів та тунелів (рис. 1).

У Франції широке розповсюдження знайшла технологія розроблена фірмою OTV яка відома під назвою "Solida". Компостування велось в місткостях довжиною 8 м, глибиною і шириною по 4 м. Товщина шару оброблюваної маси від 2 до 3,5 м. Змішування здійснюється лопатевим колесом (потужність приводу 18,4 кВт) яке пересувається подовж секції, а перевантаження – шнеком, який розташований в середині колеса. Суміш перевантажується щодобово [14], або через 2-3 дні [9] в сусідню секцію. У залежності від цього тривалість оброблення в системі секцій складає від 8 до 14 діб після чого суміш вивантажується на відкриті майданчики для дозрівання протягом 1-1,5 місяці.

Тунельну систему для заключного компостування після біобарабанів розробила японська фірма "Kaneko Agricultural machinery" [15]. Ширина тунельної камери – 2,3 м, а довжина може бути 10, 30 та 50 м у залежності від застосування однієї з трьох моделей пересувних установок для компостування типу "Compo-changer". Установка обладнана конвеєром і вентилятором. Автоматично пересуваючись подовж камери вона підбирає і

перевантажує через себе масу, яка через 6-10 діб зміщується з одного кінця камери у протилежний.

Ряд технологічних рішень процесу механічної аерації в системах тунельного типу запропоновано фахівцями інших японських фірм. Пересувні платформи оснащуються робочими органами з вертикальними шнеками, горизонтальними барабанами, багатоківшевими похилими конвеєрами та одноківшевими перекидачами [14].

Компостування в контейнерах у більшості випадків використовується у присадибних та фермерських господарствах для перероблення різноманітних присадибних відходів, незначних обсягів гною та посліду.

Цей технологічний процес передбачає виробництво компосту в мезофільно-термофільних умовах з природною аерацією та періодичним змішуванням чи без нього. Для готування компостних сумішей з більш-менш великими обсягами накопичених відходів у деяких випадках можуть бути використані фронтальні тракторні навантажувачі. Компостування в контейнерах відноситься до низько-технологічних систем з невисокою трудомісткістю виконання операцій та вироблянням компостного продукту середньої якості. Такий технологічний підхід був започаткований переважно для компостування відходів свійських тварин та птиці, а також побутових органічних відходів.

Враховуючи різноманітність присадибних органічних відходів, у т.ч. з відмінностями за фізико-хімічними властивостями, спеціального врегулювання вихідних компостних сумішей не проводять. Основні технологічні вимоги базуються на наступному: запобігання ущільнення маси, забезпечення надходження свіжого повітря та підтримування вологості компостної суміші, яке не викликає утворення стоку.

Біоферментаційні камери-платформи. У Франції фірмою “Софрані-Прат” розроблено метод компостування в камерах. Відходи завантажуються в рухомі відкриті платформи місткістю до 60 м³, які виконані з решіток з великими отворами. Платформи за допомогою лебідок пересуваються з камери нагрівання (протягом доби) в камеру активного компостування (протягом 3-х діб). Подалі компостна маса піддається механічному обробляння [8].

Вертикальні біоферментаційні споруди. Поєднання технологічних і режимних параметрів вище зазначених процесів компостування спонукало до створення баштових систем. За конструктивним виконанням (рис. 2) вони поділяються на циліндричні, конічні та прямокутні, за функціональним виконанням на одностадійні (одноповерхові) та багатостадійні (багатоповерхові).

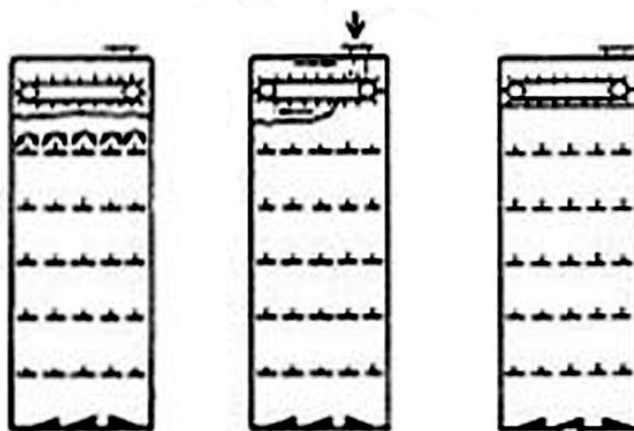


Рис. 2. – Схема вертикальних біоферментаторів з верхнім завантаженням матеріалу і обертально-жалюзійними подами

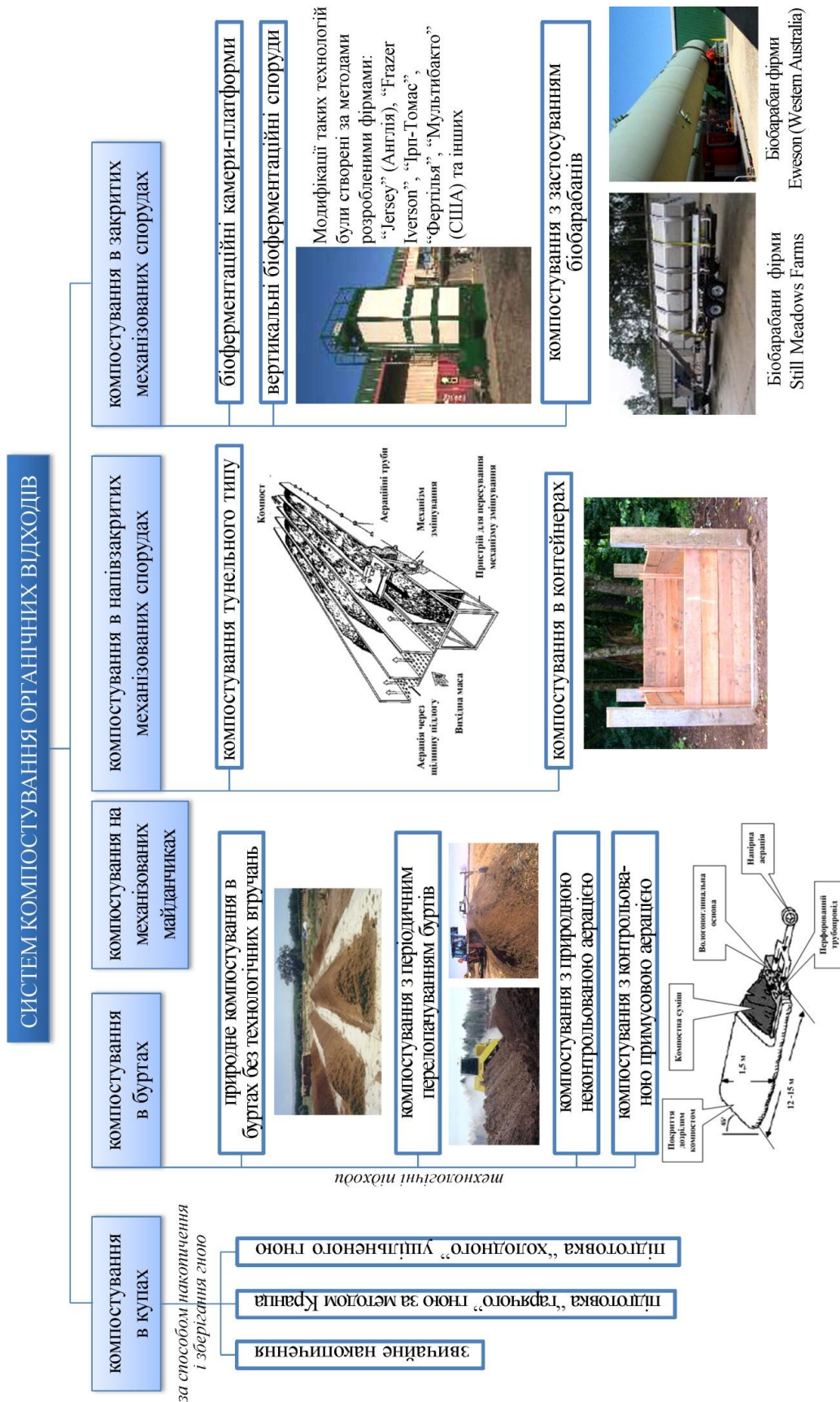


Рис. 1. Класифікація систем компостування відходів.

Найпростішим є циліндричні біобашти з одним перфорованим дном [6]. Такі споруди розраховуються на завантаження однодобового об'єму відходів з терміном перероблення протягом 4-5 днів. Повітря подається знизу через перфорацію в дні, а змішування здійснюється вертикальними шнеками або горизонтальними лопатями.

Конічні біобашти виконуються висотою до 10 м. Відмінність їх полягає у тому, що кожної доби субстрат перевантажується з однієї споруди в іншу (до 5 біобашт) [8]. Перевантаження запобігає злежуванню й ущільненню оброблюваних відходів. Вивантаження виконується радіальними конічними шнеками шляхом підрізання нижніх шарів.

За таких технологічних схем, з урахуванням короткої тривалості біотермічного процесу при температурі 55°C, обов'язковою умовою є витримування компостних сумішей в штабелях для дозрівання.

Використання таких технологічних схем перероблення відходів передбачає наявність великої кількості периферійного устаткування для виконання операцій сортування, подрібнення, змішування, перевантаження тощо. Компостуванню можуть піддаватись попередньо підготовлені суміші з вологістю 50-60% [6], за іншими даними 65% [8]. Температурні режими підтримуються на рівні не вище 55°C [6], а з більш короткими термінами перероблення у межах 65-70°C [16].

Компостування з застосуванням біобарабанів. Одним з напрямів модернізації та забезпечення високої механізації компостування було створення горизонтальних ферментаційних біобарабанів. Свого часу вони знайшли розповсюдження у Європі: Данія, Швеція, Норвегія, ФРН, Великобританія [14], а також в Японії, Австралії та інших країнах.

Найбільш відомою є конструкція біобарабанів розроблених фірмою "Dano" (Данія). Діаметр барабана – 3,5 м, довжина – 28 м, частота обертання від 0,6 до 2 хв.⁻¹. Внутрішня порожнина виконується з перегородками [9], валом-мішалкою або з привареними шкребками [14]. Для інтенсифікації процесу застосовується керована протитокова аерація, що дозволяє біотермічного режиму до 60°C. За таких умов і достатній теплоізоляції тривалість компостування подрібнених відходів змінюється від однієї до шести діб. Додаткова продуктивність одиночного біобарабана 20-50 т [8], комплектно встановлених – до 130 т (630 м³) [9].

Не дивлячись на переваги технології з використанням біобарабанів, вона у деяких випадках передбачає стадію додаткового дозрівання компосту в буртах з тривалістю від декількох тижнів [6] до трьох місяців [14]. До того ж капіталовкладення в цю технологію досить вагомі і перевищують у 5-10 разів витрати на компостування в буртах [14].

Порівняльний аналіз систем компостування сільськогосподарських відходів

На сьогодні, з метою перероблення відходів компостування, як видно з вище приведеного огляду, існує цілий ряд способів, технологічних підходів і відповідно технічного устаткування для ведення процесів біоконверсного екологічно безпечного вироблення компостів.

Найбільш поширеним є спосіб компостування в буртах за природних умов. Але цей спосіб не дивлячись на самі низькі ресурсні затрати, є низько технологічним і не завжди забезпечує отримання кінцевого продукту з якісними показниками. Поряд з цим виникає цілий ряд екологічних проблем.

До технологічно обґрунтованих слід віднести способи компостування в буртах з механічною аерацією завдяки перелопачуванню та з примусовою аерацією в стаціонарних буртах. Ці способи базуються на контролюванні біотермічних процесів та потребують застосування ряду спеціалізованого устаткування. Впровадження потребує спорудження компостних майданчиків з твердим покриттям та додаткових експлуатаційних затрат на ведення процесів. Найбільш технологічними слід вважати закриті компостні системи, які практично повністю забезпечують якісні показники компосту та відповідають сучасним вимогам екологічної безпеки.

Результати аналізу систем компостування наведені у таблиці 2

Рівень капіталовкладень на перероблення органічних відходів у залежності від використовуваної технології за кордоном (з обсягом перероблення до 50 тис. т відходів на рік) коливається у таких межах:

- Бурти з механізованим перелопачуванням – 40\$/т - 60\$/т;
- Закриті бурти з стаціонарною системою аерації – 100\$/т - 150\$/т;
- Закриті системи компостування – 300\$/т - 500\$/т;

Анаеробні біореактори – 500\$/т - 700\$/т.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз систем компостування сільськогосподарських відходів

ОСНОВНІ СИСТЕМИ (СПОСОБИ) КОМПОСТУВАННЯ ГНОЮ ТА ПОСЛІДУ				
Показники	Бурти з природним компостуванням	Бурти з періодичним механізованим перелопачуванням	Бурти з стаціонарною системою аерації	Закриті компостні системи
Аналог за міжнародним термінологічним визначенням	Passive windrow	Turned windrow	Aerated static pile	In-Vessel channel
1	2	3	4	5
Загальна оцінка технологічності	Низько-технологічна з проблемами щодо дотримання якісних показників кінцевого продукту	Технологічна: за рахунок періодичного механізованого перелопачування буртів	Технологічна: за рахунок постійної або періодичної примусової аерації буртів	Високотехнологічна: за рахунок постійної або періодичної примусової аерації і періодичного змішування суміші
Процес розкладу органіки	Пасивний, під впливом природних факторів	Активний, завдяки інтенсифікації процесу за рахунок підтримування структури суміші	Активний, завдяки інтенсифікації процесу за рахунок примусової аерації суміші	Активний; високоінтенсивний за рахунок комплексного підтримування структури і примусової аерації суміші
Планувально-експлуатаційні заходи	Мінімальні вимоги до виконання технологічних операцій	Планування і ведення процесів механізованого перелопачування і аерації	Розробка системи з моніторингом за процесом	Контроль за дотриманням вимог щодо консистенції продуктів перероблення та обсягів їхнього постійного накопичення

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
Площа під забудову	Потребує значних площ під розташування	Потребує спорудження майданчиків з твердим або ґрунтовим покриттям у відповідності з циклом перероблення	Потребує спорудження майданчиків обладнаних стаціонарними системами аерації	Компактність розташування за рахунок високої механізації і безперервності процесів
Вимоги до структури компостного матеріалу	Нерегульованість вихідної структури суміші. Здатність матеріалу до ущільнення, низька пористість	Періодичне механізоване відновлення структури компостної суміші в буртах	Здатність матеріалу до ущільнення, часткове відновлення пористості за рахунок аерації	Постійне або періодичне механізоване відновлення структури компостної суміші
Використання додаткових компонентів	Нерегламентоване використання наявних матеріалів (солома, торф, тирса тощо) у разі компостування безпідстижкового гною та посліду	У переважній більшості обов'язкове змішування з вологоопоглиняльними органічними матеріалами	Обов'язкове змішування з вологоопоглиняльними і органічними матеріалами	Обов'язкове змішування з розсортованими вологоопоглиняльними органічними матеріалами
Загальна тривалість процесу	Від 6 до 12 місяців, переважно у теплий період року	Від 21 до 40 діб	Від 21 до 40 діб	Від 21 до 35 діб
Тривалість активної біотермічної фази перероблення	Спонтанна, неконтрольована та нерівномірна по зонах бурта	Від 24 до 72 годин (раціонально рекомендована)	Від 24 до 72 годин (раціонально рекомендована)	Від 24 до 72 годин (раціонально рекомендована)
Загальна тривалість процесу дозрівання	Не контролюється	до 30 діб	до 30 діб	до 30 діб
Параметри буртів: висота (max) ширина	до 4 м	від 1 м до 2,8 м	до 3 м	залежно від проектної

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5
довжина	не регламентується не регламентується	від 3 м до 7 м не регламентується	варіюється до 1,5 м	проробки залежно від технічного засобу варіюється
Система аерації	Природна, поверхнево-конвекційна	Механічно-конвекційна аерація	Примусова напірна або відсмоктувальна аерація	Примусова аерація одночасно з інтенсивним механічним змішуванням
Принципи контролю за процесом	Тривіальне змішування компонентів перед закладанням за об'ємними пропорціями	Змішування компонентів перед закладанням за масовими чи об'ємними пропорціями та періодичним перелопачуванням	Змішування перед закладанням; періодична примусова аерація; контроль за температурою та/або за тривалістю процесу	Змішування перед закладанням; контрольована примусова аерація; контроль за температурою та/або за тривалістю процесу; періодичне або безперервне перелопачування
Забезпечення екологічних вимог	Низьке. Супроводжується неконтрольованим викидом неприємних запахів, стоком сечівки тощо	Задовільне. Перелопачування може супроводжуватись вивільненням неприємних запахів на початкових стадіях компостування	Задовільне. Бурт покривається дозрілим компостом. Застосовується відсмоктувальна аерація з викидом відпрацьованого повітря з вивільненими газами через компостний фільтр	Високе. Запахи можуть виникати. Часто у разі несправності технічного устаткування або у наслідок неправильної розробки та проектування системи компостування

Висновок. Перспективною технологією компостування сільськогосподарських відходів тваринного походження є анаеробне компостування з періодичним перелопачуванням в буртах і його успіх залежить від ефективних технічних засобів, що використовуються при одержанні готової продукції.

Література

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения: В 3 т. // Т.1: Агрохимия. - М.: Госсельхозиздат. - 1952. - 692 с.
2. Справочник агронома по удобрениям / Под ред. проф. Ф.Г.Перетурина, М.В.Катальмова и А.П.Щербакова. - М.-Л.: Госиздат колхозной и совхозной литературы, - 1934. - 238 с.
3. Перетурин Ф.Г. Навоз и другие органические удобрения. - М.: Сельхозгиз. - 1933.
4. Howard A. The Waste Products of Horticulture and their Utilization as Humus // Science Horticulture. - 1935. - Vol.3. - P.213.
5. Howard A, Yeshwant D. W. The Waste Products of Agriculture: Their Utilization as Humus. London: Oxford University Press, 1931.
6. Экологическая биотехнология: Пер. с англ. / Под ред. К.Ф.Форстера, Д.А.Дж. Вейза. - Л.: Химия, - 1990. - 384 с.
7. Утилизация твердых отходов: В 2 т. // Под ред. Д.Вилсона. / Т.1: Утилизация твердых отходов. - М.: Стройиздат, - 1985. - 336 с.
8. Кузьменкова А.М. Использование компоста из твердых бытовых отходов. - М.: Россельхозиздат. - 1976. - 62 с.
9. Веснер Дж.М. Компостирование осадков сточных вод // Обработка и удаление осадков сточных вод: В 2 т. / Т.2: Утилизация и удаление осадков. - М.: Стройиздат, - 1985. - С. 62-100.
10. A forced aeration system for composting waste water sludge / Epstein E., Willson G.B., Burge W.D. at al. // J. Water Poll. Contr. Fed. - 1976. - V. 48.- №4. - P. 688-693.
11. Technological aspects of composting, including, modelling and microbiology // De Bertoldi M., Vallini G., Pera A. at al. / Composting of agricultural and other waster: Proc. of a Seminar organized by the Commission of the Europe. Communities, Directorate-general science, research and development, Environmental research program, held at Oxford. U.K., 19-20 March, 1984 / Ed. by J.K.R. Gasser. - London/New York. - 1985. - P.27-41.
12. Comparison of three windrow Compost System / De Bertoldi M., Vallini G., Pera A. at al. // Bio Cycle. - 1982. - V. 23. - № 2. - P. 45-50.
13. Comparison of Forced and Naturally Aerated Composting of Dairy Solids / Emerton B.L., Mote C.R., Dowlen J.S. at al. // Applied Engineering in Agriculture. - 1988, June. - V. 4. - №2. - P. 159-164.
14. Туровский И.С., Букреева Т.Е., Астахова А.В. Биотермическая обработка осадков сточных вод // Мелиорация и водное хозяйство. Сер.: Комплексное использование и охрана водных ресурсов: Обзорная информация. - М.: 1989. - Вып. 1. - 58 с.
15. Система сооружений для компостирования навоза (Hi-Speed Fermentation and Odorless-Compost making system) / - Реф. информ. с.-х. комплексы, предприятия, здания и сооружения. Госстрой СССР. ЦИНИС. - 1978. - №22. - с. 31-33.
16. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. / - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат. - 1988. - 256 с.
17. Лопес де Гореню В.О. Повышение эффективности производства органических удобрений на основе навоза КРС в усовершенствованных биореакторах барабанного типа: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / НИПТИМЭСХ НЗ РФ. - Санкт-Петербург - Пушкин, - 1995. - 17 с.
18. ВНТП-АПК-09.06 Відомчі норми технологічного проектування. системи видалення, обробки, підготовки та використання гною (видання офіційне). - На заміну ВНТП-СГП-46-9.94; Введ. 01.06.06. - К.: Мінагрополітики України, 2006. - 100 с.
19. Технологія прискореного біотермічного компостування гною з органічними вологопоглинальними відходами АПК: Рекомендації // Ляшенко О.О., Мовсесов Г.Є. / Інститут механізації тваринництва УААН.- Запоріжжя: ІМТ УААН, 2007. - 32 с.