

Шляхи використання органічних відходів свинарства



І.Шевченко, докт. техн. наук
Інститут олійних культур НААН

В.Козир, докт. с.-г. наук
Інститут зернових культур НААН

В.Харитонов, інженер
Інститут олійних культур НААН

Анотація. Розглянуто аналіз існуючих і перспективних технологій утилізації органічних відходів свинарства з визначенням напрямів найбільш раціонального розв'язання проблеми.

Ключові слова: анаеробне метанове зброджування, прискорене біо-термічне компостування, біо-енергоконверсія, органічна сировина.

WAYS OF UTILIZATION OF ORGANIC WASTES OF PIG FARMING

Abstract. The analysis of existent and perspective technologies of utilization organic wastes of stock-raising is considered with determination of directions of the most rational decision of problem.

Key words: anaerobic methane fermentation, accelerated bio-thermal composting, bioenergy conversion, organic raw materials.

У природі існують два глобальних процеси, спрямовані на розклад органічних речовин (у даному контексті «відходів») – аеробні й анаеробні [1]. Аеробні процеси – це процеси, пов'язані з окислюванням складних високомолекулярних органічних сполук та подальшим їх розпадом до низькомолекулярних і, що більш доречно, до речовин, які не завдають шкоди довкіллю. Відповідно, ці процеси відбуваються у присутності кисню з такими основними кінцевими продуктами як теплова енергія, вуглекислий газ, частково вода й аміак. Аеробні процеси превалюють у природі і загальним їх результатом є чиста вода, свіже повітря, екологічно збалансовані ґрунти

тощо. Анаеробні процеси відбуваються без доступу кисню з утворенням біогазу до складу якого входять метан, той же вуглекислий газ, вода, частково сірководень, водень, аміак та різноманітні домішки газів у незначних кількостях. З технологічної точки зору як аеробні, так і анаеробні процеси спрямовані на прискорений розклад легкорозпадних органічних сполук відходів й по суті виконують одну і ту ж мету – переробити їх та одержати екологічно безпечні продукти (органічні добрива) і відновлюваний енергетичний ресурс (біогаз).

З моніторингового аналізу галузі свинарства встановлено, що загальний річний вихід екскрементів, станом на 2016 рік, перевищує 16 млн. т, а з урахуванням використання підстилкових матеріалів і води в гідравлічних системах видалення обсяги утворюваного гною сягають 20 млн. т на рік. У господарствах населення (56% усього поголів'я) накопичується переважно підстилковий гній, який зберігається і вноситься в ґрунт традиційними способами. Ці відходи не локалізовані, тому, з однієї сторони, вони не завдають сістотних шкідливих впливів на довкілля, з іншої – не переробляються за сучасними технологічними методами.

На сільськогосподарських підприємствах, залежно від способу утримання свиней, утворюється твердий (підстилковий), напіврідкий і рідкий гній (безпідстилковий) та стоки. Найвища локалізація свинарських відходів спостерігається у південно-східному регіоні (Донецька, Дніпропетровська і Запорізька області), а також у Київській, Черкаській і Полтавській областях (рис.1).

Мета дослідження. Визначити економічно доцільні шляхи використання органічних відходів тваринництва.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одним із основних традиційних способів «переробки» гною є тривіальне його накопичення й зберігання, але проблема полягає у відсутності відповідних сховищ і спеціалізованих майданчиків. Як результат, діяльність свинарських підприємств супроводжується біогенними та антропогенними впливами на довкілля. Біогенні пов'язані з біологічними процесами життєдіяльності тварин та безпосередньо з біохімічними перетвореннями відходів. Ці впливи виникають унаслідок керованих, або не керованих невідворотних природно-біологічних процесів, в основному під час накопичення, зберігання і перероблення свинарських відходів. Процеси супроводжуються вивільненням парникових газів – вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4), закису азоту (N_2O) та шкідливих газів – аміаку (NH_3), окислів азоту, сірководню (H_2S) тощо.

Антропогенні впливи відбуваються практично на всіх життєвих циклах поводження з свинарськими відходами й пов'язані з застосуванням тих чи інших технічних засобів в зазначених технологічних операціях.

Так, наприклад, лише у результаті роботи системи вентилявання на свинокомплексі 12 тис. свиней протягом години викидається в атмосферу близько 6,05 кг пилу, до 14,4 кг аміаку, 83,4 млрд. мікробних тіл.

Водночас удосконалення існуючих та впровадження новітніх систем і устаткування для переробки відходів пов'язане з додатковими капіталовкладеннями й відповідними експлуатаційними та енергетичними затратами.

ТЕХНОЛОГІЯ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ + ТЕХНОЛОГІЯ ПРИСКОРЕНОГО БІОТЕРМІЧНОГО КОМПОСТУВАННЯ

Одним із напрямів екологічно безпечного перероблення гною свиней є анаеробне зброджування. Основними продуктами переробки гною за цією технологією є рідкі (напіврідкі) органічні добрива та біогаз. До настання енергетичних проблем, не лише в Україні, біогаз завжди розцінювався як побічний продукт перероблення відходів.

Для анаеробного зброджування використовують біогазові установки, які поділяють на установки періодичної (накопичувальні) і безперервної (проточні) дії, або за послідовністю переробки відходів: одностадійні, двохстадійні або багатостадійні. Зараз переважна більшість біогазових установок, що використовуються на практиці, – установки безперервної дії. Зброджування рідкого гною здійснюють у різних температурних режимах: мезофільний, термофільний і проміжний – термотолерантний.

Біоенергетичною складовою анаеробного зброджування гною свиней є переважно біогаз (вміст метану у межах 55-72%, діоксиду вуглецю – 27-44%, вологи – до 5%, сірководню до 3%, а також домішок, водню, аміаку тощо) з теплою згорання 20-22 МДж/м³. Теплоенергетична складова цього процесу незначна й не дає змоги підтримувати температуру зброджування навіть у мезофільному режимі. Біогаз може бути використаний як альтернативне паливо з подальшим виробленням теплової і електричної енергії для власних технологічних потреб, як для біоенергетичної установки, так і для свинокомплексу.

Основні тенденції і напрями закордонного використання біогазу:

- Одержання безпосередньо теплової енергії





для власних технологічних потреб або розповсюдження її по тепломережах;

- когенерація біогазу в електричну і теплову енергію. Електрична енергія може використовуватись для власних технологічних потреб або продаватись за врегульованими державою тарифами. Теплова енергія передбачається до використання у рекуперативних системах для нагрівання води, опалення приміщень та в інших цілях;

- виробництво біометану (очищений біогаз з вмістом метану понад 96%) з введенням його в централізовані або в децентралізовані газові мережі;

- отримання скрапленого біометану як палива для транспортних засобів.

На сучасних свинарських об'єктах, де використовують підстилкові матеріали (транспортні системи видалення гною, утримання свиней на глибокій підстилці), утворюється твердий гній. Перероблення такого гною в біогазових технологіях пов'язане з цілим рядом технічних і технологічних проблем: накопичення, транспортування, подрібнення соломистих фракцій, розрідження, змішування, подача в реактори – перелік можна продовжити.

Найбільш раціональним підходом є переробка твердого гною прискореним біотермічним компостуванням (рис.2). Компостування це біотермічний процес перероблення органічних відходів у природних або у штучно створених керованих умовах з метою одержання високоякісних органічних добрив.

Технологія прискореного біотермічного компостування ґрунтується на таких концептуальних положеннях, які передбачають:

- готування збалансованих компостних сумішей (вологість, структура, баланс біогенних речовин);
- створення і підтримка оптимальних умов процесу

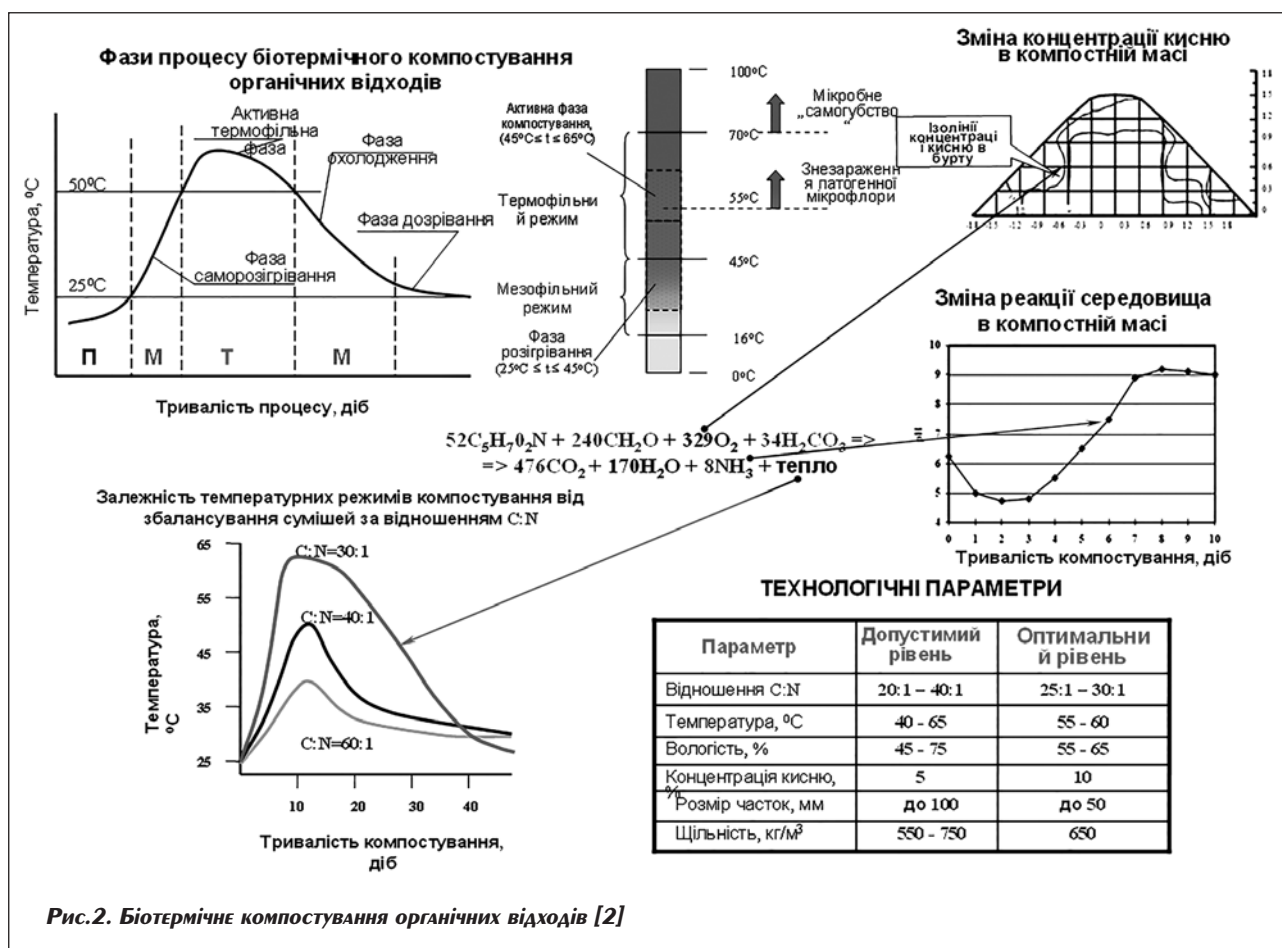


Рис.2. Біотермічне компостування органічних відходів [2]

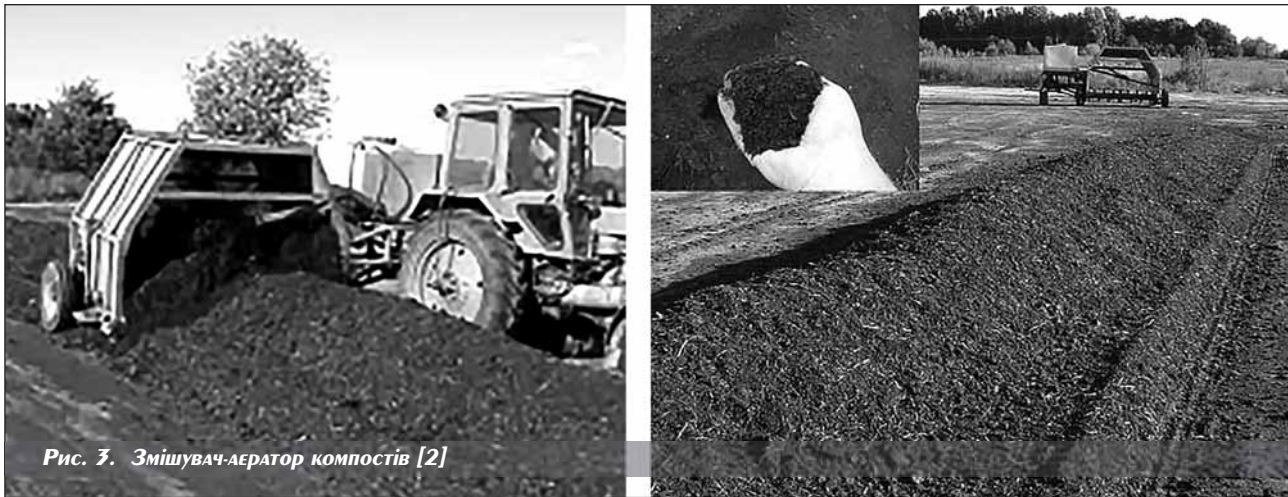


Рис. 7. Змішувач-аератор компостів [2]

(температурний режим, перелопачування, аерація, зволоження);

- завершеність процесу з мінімізацією необхідних технологічних і ресурсних затрат;
- гарантію якості кінцевого продукту – компосту як органічного добрива з бажаними агротехнічними властивостями;
- санітарно-гігієнічну й екологічну безпеку як самого виробництва, так і одержаного компосту.

Компостування, на відміну від анаеробного зброджування, супроводжується значним вивільненням теплової енергії, яку використовують безпосередньо у технологічному процесі для знезараження патогенної мікрофлори, позбавлення схожості насіння бур'янів і випаровування надлишкової води з доведенням вологості компосту до 55-60%.

Технічне забезпечення технології компостування досить просте й не потребує значних капіталовкладень за винятком наявності майданчиків з твердим покриттям, що є встановленою вимогою будь-яких систем зберігання гною. Основним технічним засобом є змішувач-аератор компостних сумішей, який виконує повний комплекс технологічних операцій: змішування компонентів, формування і перелопачування буртів, механічна аерація і зволоження компостних сумішей (рис.3). Привід від валу відбору потужності трактора дає змогу варіювати частотою обертання робочого органа, що забезпечує високу однорідність і якісну струк-

туру компостів, а періодичне перелопачування та зволоження буртів (шириною в основі до 2,5 м і висотою до 1,5 м) забезпечує насичення компостної маси киснем з контрольованим проходженням біотермічних процесів (діапазон оптимальних температур від 55°C до 60°C).

Технологічні відмінності переробки гною свиней полягають у тому, що для ведення процесів анаеробного зброджування використовують екскременти розріджені до вологості 92-94%, а в технологіях компостування навпаки вологість субстрату повинна бути понижена до 75% шляхом додавання вологопоглинальних компонентів (насамперед це може бути солома). Ці особливості обумовлюють обсяги переробки відходів. Наприклад, до однієї тони екскрементів вологістю 88% слід додати:

- 0,7 т води, щоб отримати субстрат для анаеробного зброджування вологістю 93 %;
- 0,24 т соломи (вологістю 20%), щоб отримати вихідну компостну суміш вологістю 75 %.

Таким чином, при анаеробному зброджуванні обсяги переробляння відходів зростають щонайменше на 37%. У таблиці наведено порівняльні показники технологій переробки 1 т екскрементів з урахуванням 30% розпаду органічної речовини вихідних субстратів (за ідеалізованих умов).

Якщо порівнювати використання біоенергетичного ресурсу гною, наприклад, з комплексу потужністю 12

Складові субстрату	Маса субстрату, т	Вологість %	Суша речовина, кг	Органічна речовина кг	Біогаз, м ³	Теплова енергія, МДж	Маса кінцевого продукту, т	Питомий вміст органіки, кг/т
Вода 0,7 т	1,7	93	120	99	21,7	477	1,67	40,8
Солома 0,24 т	1,24	75	310	280	-	1764	0,57	158,1



Технологія анаеробного зброджування

Вихід гною		
	Добовий вихід, т	Річний вихід, т
Всього екскрементів	57,55	20710
Маса залученої води	21,87	7880
Всього підготовленого рідкого гною	79,42	28590
Вихід збродженої маси	77,74	27845
Енергетичні показники		
	Добовий	Річний
Вихід біогазу	1100 м ³	397,4 тис. м ³
Виробництво електроенергії	2,31 МВт·год	831,6 МВт·год
Виробництво теплової енергії	2,97 МВт·год	1070 МВт·год
Всього енергії:	5,28 МВт·год	1900 МВт·год
Затрати теплової енергії		
На підігрівання маси перед зброджуванням	1,85 МВт·год	664,2 МВт·год
На компенсацію втрат тепла через конструкційні елементи біореактора та інженерні комунікації	0,56 МВт·год	199,8 МВт·год
Загальні затрати тепла	2,4 МВт·год	864 МВт·год
Частка використання теплової енергії	81%	

тис. голів свиней за цими технологіями, то одержимо наступні показники.

Загалом технологія дозволяє отримати протягом року понад 27,8 тис. т рідких органічних добрив та близько 1900 МВт·год енергетичних ресурсів. На підігрівання й підтримку теплового режиму біореактора буде витрачено 81% виробленої теплової енергії. Електрична енергія використовується безпосередньо на технологічні потреби свинокомплексу і частково біоенергетичної установки.

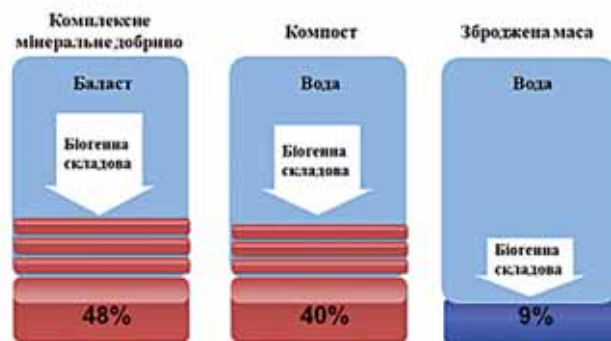


Рис. 4. Питомий вміст біогенних речовин в одній тонні мінеральних і органічних добрив

Технологія прискореного біотермічного компостування		
Вихід гною		
	Добовий вихід, т	Річний вихід, т
Всього екскрементів	57,55	20710
Маса залученої соломи	13,81	4978
Всього підготовлених компостних сумішей	71,36	25688
Вихід компосту	36,13	13007
Енергетичні показники		
Вивільнена тепла енергія	22,43 МВт·год	8073 МВт·год
Затрати теплової енергії		
На розігрівання компостних сумішей	2,42 МВт·год	871,2 МВт·год
На випаровування води	20,0 МВт·год	7202 МВт·год
Використання теплової енергії	100%	

З внесенням однієї тонни збродженого рідкого гною свиней у ґрунти надходить близько 90 кг сухих речовин, у т.ч. 69 кг органіки й 10,5 кг NPK. Тобто біогенна складова 1 т збродженої маси не перевищує 9%, все інше – вода. Внесення 1 т компосту збагачує ґрунти сухою речовиною у межах 396 кг, у т.ч.

Процес компостування допомагає істотно скоротити обсяги одержаних органічних добрив – щонайменше вдвічі. Слід зазначити, що це впливає не лише на місткість споруд для тимчасового зберігання добрив, а й на питомий вміст біогенної органіки (агротехнічна цінність) у цих добривах.





органікою на 344 кг і 41,7 кг NPK. Це означає, що біогенний компонент компосту становить щонайменше 40% й еквівалентний вмісту діючих речовин комплексних мінеральних добрив (рис.4).

Зберігання рідких органічних добрив потребує спорудження додаткових резервуарів, тоді коли компости можуть зберігатись на відкритих майданчиках або в польових буртах до моменту внесення. Тривале зберігання збродженої маси не усуває можливості пролонгації розпаду органіки з вивільненням того ж біогазу і супутніх випарів з викидом їх в атмосферу як парникових газів.

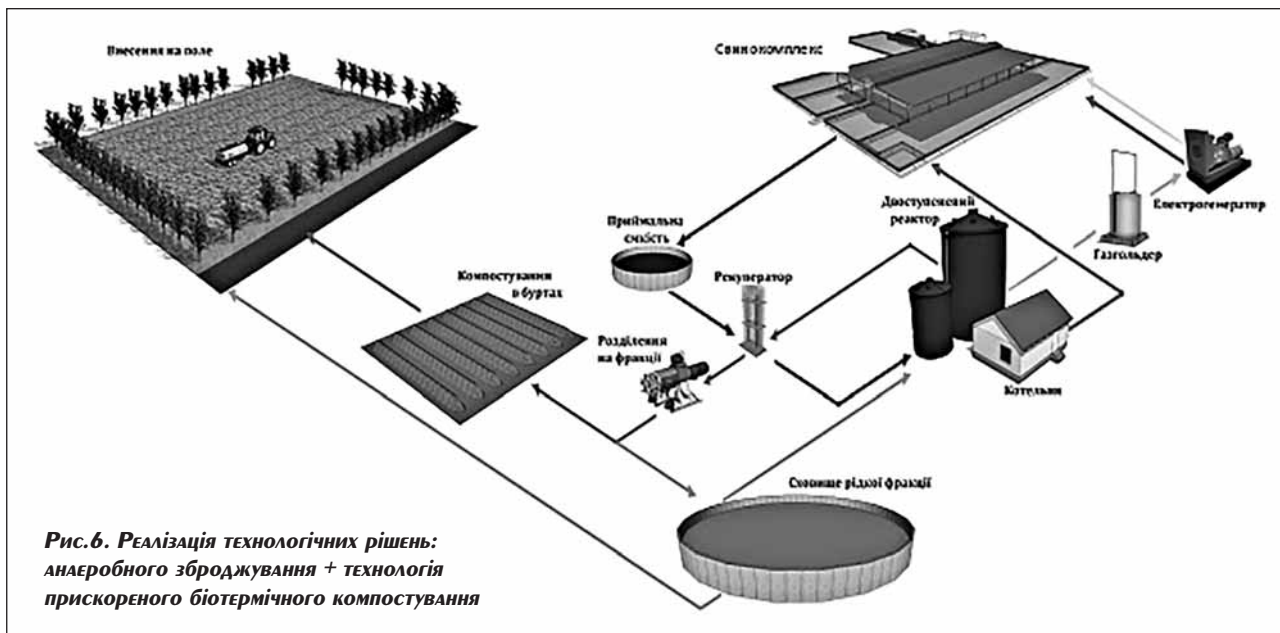
Для внесення рідких органічних добрив використовують поверхневе або внутрішньо-ґрунтове внесення, останнє потребує додаткової обробки – розділення збродженої маси на фракції. Адже технічні засоби внутрішньо ґрунтового внесення потребують певного фракційного складу рідких добрив. Переваги компостування як екологічно безпечного процесу підкреслюється й тим, що компост, як готовий продукт, позбавлений від патогенної мікрофлори, не забруднює поверхню ґрунтів і ґрунтових вод, а також зменшує транспортні затрати на внесення на поля.

Останнім часом за кордоном знайшли впровадження біогазові установки з твердофазною ферментацією відходів, у яких рівень вологості перероблюваного субстрату знаходиться у межах 60-75%, – сухі біоферментатори [3]. Переваги такої технології полягають у можливості поєднання аеробно-анаеробних процесів. Вивільнена теплова енергія від аеробного розпаду органіки на початковій стадії стимулює розі-



грівання маси до термофільних температур після чого відбувається анаеробний процес з вироблення біогазу. Оброблена в біоферментаторах маса піддається подальшому компостуванню для одержання високоякісних органічних добрив. Очевидна екологічна складова технології – це безвідхідність, мінімізація викидів шкідливих газів та повний цикл перероблення відходів. Поєднується енергетична складова – біогаз використовується виключно на вироблення і реалізацію електричної та теплової енергії.

Враховуючи те, що на сучасних свинарських підприємствах як на сьогодні, так у перспективі нагромаджується рідкий і твердий гній, найкращим розв'язанням проблеми перероблення відходів є поєднання технологій анаеробного зброджування і прискореного біотермічного компостування. Приклад такого рішення представлено наступною технологічною схемою [4].



Звичайно, економічна складова розв'язання проблеми пов'язана з обов'язковим зведенням комплексу споруд для зберігання і перероблення гною та свинарських стоків, які, залежно від потужності свинарського об'єкту, можуть сягати до 35% капіталовкладень самого комплексу. Але враховуючи зростання цін на мінеральні добрива, вартість природного газу, тенденції до здорожчання електричної енергії та загрози екологічної безпеки перспектива впровадження новітніх технологій перероблення гною є невідворотною.

Висновки

1. Гній – це єдина речовина, що завдяки шлунковому тракту тварини має виняткову біологічну активність і сприяє розвитку як мікрофлори, так і гумусоутворенню у ґрунті.

2. Впровадження біогазових технологій економічно доцільне в повному обсязі лише в межах функціонування замкнених систем одержання продукції рослинництва і тваринництва. Незалежно від технології перероблення одним із кінцевих продуктів завжди повинні бути органічні добрива.

3. Використання технологій утилізації органічних відходів пов'язано з багатьма економічними, технологічними, технічними й екологічними чинниками. Для кожного наявного випадку функціонування сільськогосподарського виробництва і технологічного завдання одержання тваринницької продукції доцільність застосування тієї чи іншої технології має визначатися окремо.

Література

1. **Ананишвили Г.Д.** Основные положения биоэнергетики. – Тбилиси: «Сабчота Сакартвело», 1961. – 125 с.
2. **Шевченко І.А., Харітонов В.І., Ляшенко О.О.** Змішувач-аератор комп-сту. – Патент України №73328, Бюл. №4, 2012 р.
4. **Шевченко І.А., Павліченко В.М., Ляшенко О.О.** Напрями раціонального використання органічних відходів тваринництва // Техніка і технології АПК. – 2011. – №1-2. – С.8–10, 15–16.
5. **Шевченко І.А., Ляшенко О.О., Махмудов Е.І.** Органічні відходи як альтернатива // Агро перспектива. – 2009. – №11(118). – С. 42–45.

