
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 631.86:614.763:636:574

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207689>

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ У СКОТАРСТВІ

В.П. Бородай, Є.М. Кривохижа, Д.С. Чуприна

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: boroday_vp@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2198-4227

e-mail: ye.kryvokhyzha@ukr.net; ORCID: 0000-0001-7270-6529

e-mail: darinch.emarosa17@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5527-2212

Утилізація органічних відходів є однією із найважливіших екологічних проблем для підприємств тваринницької галузі. Проаналізовано переваги та недоліки сучасних технологій переробки побічних продуктів тваринного походження у скотарстві. Встановлено, що перевагами переробки гною методом тривалого витримування є: його висока вологість — 85–97%, простота конструкції гноєсховища. Але за використання цієї технології відбувається втрата поживних речовин та низька надійність знезараження гною, також необхідними є тривалі терміни його переробки (до 12 місяців). Більш безпечно використовувати гній для добрив після компостування. До переваг цієї технології належать: менші втрати поживних речовин порівняно з тривалим витримуванням гною, незначні фінансові втрати та збільшення кількості корисних мікроорганізмів у ґрунті. Недоліками компостування є: залежність від погодних умов, тривалий виробничий цикл, іноді отримання продукту нестабільної якості, додаткові витрати на проведення аерації і перемішування сировини. Вермикомпостування має такі переваги: відсутність запахів під час утилізації гною і зменшення втрат поживних речовин. Недоліком цієї технології є те, що використовувати її можна для невеликих обсягів гною та переважно у теплий період року. За пелетування відбувається перетворення свіжого гною у сухий, який можна використовувати як добриво, кормові добавки або енергетичне паливо. Проте ця технологія є енергозатратною, для її реалізації потрібно доволі дороге обладнання, до того ж використання пелет як добрив — менш корисне порівняно з перегноєм. Для переробки гною також використовують анаеробне зброджування. До переваг цієї технології можна віднести виробництво якісного добрива та отримання біогазу. Недоліком є значні стартові витрати. Обґрунтовано, що подальше удосконалення технологій утилізації відходів у скотарстві сприятиме зниженню негативного впливу на навколишнє природне середовище і підвищенню економічної ефективності їх використання.

Ключові слова: компостування, вермикомпост, пелетування, анаеробне зброджування, органічні добрива, біогаз.

ВСТУП

Утилізація органічних відходів є одним з важливих завдань для підприємств тваринницької галузі. Найбільшим за обсягом відходом тваринництва є гній. За рік від однієї ферми з утримання 1000 голів великої рогатої худоби (ВРХ) вихід гною

становить 30–40 тис. т [1]. Гній є потенційно небезпечним джерелом забруднення довкілля, адже містить важкі метали, насіння бур'янів, яйця гельмінтів та патогенну мікрофлору. Від його емісії у повітря потрапляють парникові гази — закис азоту та метан [2]. Так, однією з основних агро-екологічних проблем для господарств, що утримують ВРХ, є утилізація гною.

© В.П. Бородай, Є.М. Кривохижа, Д.С. Чуприна, 2020

Загальновідомо, що гній широко використовується як добриво. Його головним складником є азот. Він містить багато макро- і мікроелементів, що необхідні для активного розвитку рослин. За використання гною як добрива відбувається позитивний вплив на функціонування ґрунтів, а також розвиток корисних мікроорганізмів, для яких він є джерелом поживних речовин. Однак гній спричиняє збільшення вмісту нітратів у рослинах. Крім того, регулярне удобрення гном зумовлює забруднення підземних вод амонійним азотом, який вививається у глибину ґрунту. Нераціональне використання гною може призвести до забруднення ґрунтів і води патогенними мікроорганізмами, що є загрозою для людей і тварин [3].

Метою роботи було проаналізувати ефективність сучасних технологій переробки гною у скотарстві.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання щодо оцінки ефективності технологій утилізації побічних продуктів тваринного походження [4–8] та удосконалення технологій утилізації органічних відходів [9–13] висвітлено в дослідженнях низки вчених. Однак у науковій літературі не узагальнено даних вітчизняної і зарубіжної літератури щодо переваг та недоліків сучасних технологій переробки гною у скотарстві.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалами дослідження слугували дані вітчизняних і зарубіжних літературних джерел; інформація патентів на винаходи та корисні моделі, що видані в Україні, РФ, США, КНР і Всесвітньою організацією інтелектуальної власності; відомості Інтернету та результати власних досліджень.

У процесі дослідження використовували загальнонаукові методи, зокрема: комплексної оцінки (технологій переробки гною), аналізу і синтезу (визначення вимог для сучасних ефективних техноло-

гій переробки гною), наукового абстрагування (виділення недоліків сучасних технологій), порівнянь (визначення рентабельних технологій з найменш негативним впливом на довкілля), індукції та теоретичного узагальнення (формулювання висновків). Із спеціальних методів дослідження у роботі застосовували такі: монографічний (аналіз наукової літератури з досліджуваної теми) і функціонального аналізу (технологій переробки гною, сукупності їх переваг та недоліків, а також вимог до них).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На тваринницьких фермах використовується спосіб переробки гною шляхом тривалого витримання [14]. Така технологія застосовувалася у минулому столітті. Однак значна кількість господарств використовує її і нині.

Технологія переробки гною методом тривалого витримання з подальшим внесенням отриманого органічного добрива в ґрунт передбачає низку операцій: транспортування і завантаження рідкого гною; біоконверсія методом тривалого витримання (у сховищах); вивантаження органічного добрива і його транспортування; внесення органічного добрива на поля.

До переваг вказаної технології відносяться: широкий діапазон вологості гною (85–97%), відсутність постійного контролю кваліфікованим персоналом за процесом переробки і простота конструкції гноесховища.

Недоліками є: значні обсяги гноесховищ, тривалі терміни переробки (близько 12 місяців), втрата поживних речовин гною, низька надійність знезараження, економічне обтяжування через розвантажувально-навантажувальні роботи та значні витрати на будівництво гноесховищ.

Більш безпечно використовувати гній для добрив після компостування.

Технологічний процес компостування гною здійснюється пасивним і активним способами.

За пасивного (традиційного) компостування біологічне знезараження гною відбувається за природних умов у буртах.

Компостування здійснюється на бетонаних або спеціально підготовлених польових майданчиках (тривалість: зимою — 3 місяці, літом — 2 місяці) за плюсової температури повітря.

Перевагами пасивного компостування є широкий діапазон вологості (60–92%) вихідного гною (за використання вологопоглинаючих матеріалів), низькі вимоги до кваліфікації працівників, простота конструкції майданчиків компостування, відносно незначні капітальні вкладення, відсутність у компості неприємного запаху та зменшення кількості шкідливих мікроорганізмів і грибків [7].

До недоліків можна віднести нерівномірність дозрівання компосту, залежність процесу компостування від погодних умов та підвищений ризик витікання забруднених стоків у дощовий період.

Активне компостування гною здійснюється з періодичним втручанням людини (або механізмів і автоматики) у цей процес. До таких дій відносяться: внесення у гній хімічних реагентів, спеціальних мікроорганізмів, примусове нагнітання повітря, ворухіння, підігрів тощо. Завдяки цьому відбувається прискорення процесу компостування, зменшення втрат поживних речовин, зниження шкідливих викидів, поліпшення якості добрив.

Більш поширеним є активне компостування гною у буртах методом штучної аерації. За цих умов гній з вологопоглинаючим матеріалом у буртах розміщують на відкритому майданчику. Для механізації процесу використовують спеціальні машини для аерації буртів. Аерацію буртів здійснюють періодично, мінімум 3 рази впродовж 40 днів. Цей процес завершується, коли компост перестає розігріватися. Для прискорення процесу компостування можливо застосування різних біологічних препаратів. Термін біоконверсії методом активного компостування не перевищує 1–1,5 місяця. Отриманий унаслідок бродіння продукт не має неприємного запаху, містить незначну кількість вологи і є дрібнотекстурованим матеріалом, який може бути використаний як добриво [15].

Перевагами активного компостування є: скорочені терміни компостування (1,5–2 місяці), зниження капітальних витрат завдяки зменшенню кількості майданчиків компостування (до 40%) та низькі вимоги до кваліфікації працівників.

Пропонується спосіб компостування із поєднанням анаеробного та аеробного процесів під час зберігання гною у буртах, що досягається використанням частки вуглеамонійної солі на рівні 3–4% від його маси. Завдяки цьому термін компостування гною скорочується [16].

Насіння бур'янів у буртах, оброблене вуглеамонійними солями, не проростає внаслідок втрати життєздатності. Застосування компосту, заготовленого цим способом, дає змогу підвищити врожайність сільськогосподарських культур завдяки покращенню його якісних показників.

Недоліками активного компостування є: збільшення експлуатаційних витрат на використання додаткової техніки для аерації буртів і закупівлі біопрепаратів; неможливість компостування за від'ємних температур; нестабільність процесу переробки залежно від погодних умов; втрати азоту та інших поживних речовин; стоки, вилуговування і гідроліз, що негативно впливає на рівень поживних речовин у компості та, загалом, на екологічний стан довкілля.

За компостування у спеціальних ємностях виробництво компосту пришвидшується. Однак необхідно здійснювати його перемішування, нагнітати повітря і проводити контроль за субстратом. Під час бродіння також втрачається аміак.

Для підвищення ефективності та скорочення періоду переробки гною використовують таку біотехнологію, як вермикомпостування (переробка відходів за допомогою дощових черв'яків).

Пропонується спосіб вермикомпостування, за якого спочатку в сітчастих піддонах висотою не більше 200 мм і розміром вічок не менше 5 мм розміщують вермикомпост з вермикульгурою, підстилковий гній, органічні і мінеральні наповнювачі (солома, ґрунт, дефекація тощо). Слід зауважити, що вологість вказаних матеріалів має

бути у межах 70–80%. Потім сітчасті піддони встановлюють один на одного. Кожен сітчастий піддон з вермикомпостом та вермикультурою межує, наприклад, зверху — із сітчастим піддоном, наповненим підстилковим гноем, і піддоном знизу — з органічними і мінеральними наповнювачами. Уміст біомаси черв'яків у вермикомпості з вермикультурою становить 20 г на 1 кг маси матеріалів, що розміщені в суміжних сітчастих піддонах з підстилковим гноем і наповнювачем, а термін вермикомпостування до перевстановлення сітчастих піддонів не перевищує 40 діб.

Надалі забезпечуються відповідні умови для вермикультивування: температура — 18–22°C, вологість матеріалів — 75% та аерування. У процесі вермикомпостування черв'яки з піддонів, де міститься вермикультура, через вічка переповзають в суміжні піддони, тим самим забезпечується процес біодифузії — перенесення матеріалів з одного до іншого піддона і заселення їх мікробіотою. За умов вермикомпостування шляхом зволоження та аерації черв'яки регулюють необхідне перенесення мінеральних і органічних речовин [17].

Вермикомпостування дає змогу отримати якісний біогумус, але має певні недоліки, як-от: використання невеликих обсягів гною, значна тривалість компостування, необхідність відокремлювати черв'яків від біогумусу, сезонність виробництва, втрати поживних речовин через випаровування, а також значні трудовитрати.

Пелетування — енерговитратний процес, для реалізації якого необхідно мати доволі дороге обладнання, а корисні властивості гною після переробки на пелети значною мірою знижуються [18].

Пелетування, або екструзія, забезпечує перетворення свіжого гною у сухий, який можна використовувати як добриво, кормові добавки або енергетичне паливо. Ця технологія є простою у застосуванні. Гній пресують при високих температурі і тиску, а потім проводять екструзію у штампі з утворенням гранул.

Незважаючи що гранули можна отримувати у значних обсягах, їх реалізація

обмежується недостатніми ринками і високими витратами на транспортування.

Для переробки гною також використовують анаеробне зброджування [19]. Розкладання гною відбувається у безкисневому середовищі за допомогою бактерій, у процесі чого виділяється біогаз.

Біогаз є комбінацією з метану, двоокису вуглецю, азоту, водню, окису вуглецю, кисню і сірководню. Близько 55–70% у біогазі становить метан, а інша частка припадає, в основному, на двоокис вуглецю. У незначних кількостях, як правило, містяться азот, водень, окис вуглецю, кисень і сірководень. Метан у біогазі є доволі подібним до природного газу, і після очищення він може використовуватися для спалювання у теплових установках для вироблення теплової та електричної енергії.

Отже, цей метод дає змогу виробляти високоякісне добриво. Під час переробки азот перетворюється в аміак, що є компонентом добрив і легко засвоюється рослинами. За застосування такого добрива поверхневі і ґрунтові води не забруднюються. Унаслідок анаеробної переробки знищуються патогенні мікроорганізми, насіння бур'янів, а також пригнічується неприємний запах.

Пропонується спосіб виробництва біогазу з відходів тваринного походження, що передбачає попередню гомогенізацію відходів, подальшу їх сепарацію на компоненти (частину рідкої фракції відводять самопливом), подачу компонентів відходів, які біологічно розкладаються і надходять у резервуар виробництва біогазу. Перед подачею компонентів у резервуар до їх складу додають тверду органічну речовину, що забезпечує утворення ферментної маси. Масу подають у резервуар виробництва біогазу. Потім порцію відходів поділяють на дві нерівні частини. Більшу частину відправляють на сепарацію, а меншу безпосередньо у резервуар з виробництва біогазу. Винахід надає змогу підвищити продуктивність біогазового комплексу та забезпечити рівномірність режиму його роботи за значних змін кліматичних умов; якість вихідної сировини із одночасним забез-

печенням надійності роботи резервуара із виробництва біогазу за значного зниження температури повітря [20].

Низка вчених [21] рекомендують спосіб отримання біогазу з екскрементів тварин, за якого доводять субстрат до вологості 90% з подальшим подрібненням його фрагментів до розміру 0,5–0,7 см. Вводять органічний каталізатор для зброджування в анаеробному середовищі і збирають біогаз. Як органічний каталізатор використовують відходи молочного виробництва, частка яких становить 5–10% від маси органічного субстрату. Зброджування в анаеробному середовищі відбувається при температурі +17–22°C. У цих умовах інтенсифікується процес метанового бродіння гною із збільшенням виходу біогазу і підвищенням умістом метану в ньому.

Також пропонується [22] спосіб виробництва біогазу, що налічує попередню підготовку субстрату, анаеробне зброджування у мезофільному режимі, безперервне відведення біогазу з біогазової установки і спорожнення метантенка від зброженої маси. Під час підготовки субстрату вводять буферний агент, що переважно містить карбонат кальцію. Винахід надає змогу підвищити вихід біогазу, нівелювати ефект наднормативного закисання зброджувальних мас, не допустити затримки і повної зупинки процесу розщеплення органічних речовин та гальмування процесу метанового бродіння.

Інші науковці [23] розробили технологію анаеробного зброджування гною. Під час використання цієї технології відбувається анаеробне зброджування гною, його перемішування за низьких і високих температур та напівбезперервне або безперервне завантаження у біогазові установки (реактори). У цій технології використовується сукупність паралельно з'єднаних між собою анаеробних реакторів, що здатні витримувати тиск. Виробнича продуктивність цієї системи і якість біогазу є доволі високими.

Перевагами анаеробного зброджування є: виробництво якісного добрива (під час переробки азот перетворюється в аміак, який є компонентом добрив і легко засвоюється

рослинами; за застосування такого добрива поверхневі та ґрунтові води не забруднюються); знищення у процесі патогенних мікроорганізмів і насіння бур'янів; усунування неприємних запахів; отримання біогазу, що може бути використаний для вироблення генератором електроенергії [4] на потреби виробництва або для реалізації.

Єдиним недоліком цього методу є значні стартові витрати.

У деяких господарствах використовують метод переробки гною шляхом розподілу його на тверду і рідку фракції. Цей метод дає змогу знизити обсяги гною у відстійниках, отримати багату на поживні речовини рідину для поливу, а також сухий продукт, який можливо компостувати, використовувати як добриво чи підстилку для тварин [5]. Щоб розділити гній на фракції, використовують шнекові (гвинтові), сітчасті сепаратори, декантаційні центрифуги, преси вальцьової конструкції та зі стрічковими ситами. Однак це потребує значних витрат як на придбання технічного устаткування, так і на його обслуговування, що передбачає споживання значної кількості енергії та складний процес прибирання і видалення гною [24].

Нині існує технологія вакуумного висушування гною. Ця технологія дає змогу забезпечити екологічно безпечну переробку гною і отримати органічні добрива високої якості [6; 25]. Проте цей спосіб є доволі затратним.

Сучасні ефективні технології переробки гною повинні відповідати таким вимогам: проводитися у нетривалі терміни і з незначними трудовитратами, бути доступними та економічно ефективними, зменшувати негативний вплив на довкілля, надійно знезаражувати відходи тваринництва і усувати їх неприємний запах, забезпечувати максимальне збереження поживних речовин у отриманих добривах.

Отже, технології переробки гною з найменшим негативним впливом на довкілля є нерентабельними і не завжди доступними господарствам. Тому для удосконалення і впровадження передових технологій необхідною є фінансова підтримка держави.

ВИСНОВКИ

З проведеного порівняльного аналізу існуючих на сьогодні технологій переробки гною у скотарстві виявлено тенденції до їх удосконалення у напрямі підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності.

Найперспективнішими є: активне компостування, пелетування, сепарація гною на тверду і рідку фракції та анаеробне зброджування, що попри затратність на їх функціонування значно зменшують негативний вплив на навколишнє природне середовище.

З'ясовано, що поряд із позитивними характеристиками технологій переробки гною у скотарстві існує і низка недоліків, а саме: значна тривалість і сезонність переробки, втрата поживних речовин через випаровування, значні трудовитрати, створення осередків забруднення довкілля та низька економічна ефективність, що потребує подальшого удосконалення.

Сформульовано вимоги, які надають змогу здійснювати оцінку та визначати ефективні технології переробки гною. Ці вимоги слід враховувати під час удосконалення і розробки нових технологій.

ЛІТЕРАТУРА

- Афанасьев А.В. Сравнительная эколого-экономическая оценка технологий переработки навоза и помета. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*: сб. науч. тр. ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. Санкт-Петербург, 2012. Вып. 83. С. 82–93.
- Романовская А.А. Оценка объемов антропогенной эмиссии метана в животноводстве России. *Сельскохозяйственная биология*. 2008. № 6. С. 59–65.
- Paluszak Z., Ligocka A. Badania mikrobiologiczne gleby aluwialnej skażonej gnojowicą. *Roczniki Gleboznawcze*. 2003. T. 54, № 1/2. S. 117–124.
- Grygier S., Idziak P., Jędrzejczak M. Energetyczne wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych powstających w dużych fermach hodowli bydła. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. 2018. № 1/1. S. 25–37.
- Борисов В.И., Тарасов В.В., Тувин О.Н. Основные особенности выбора систем навозоудаления на животноводческих фермах и комплексах. *Научное обозрение. Международный научно-практический журнал*. 2020. № 1. С. 1–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-osobennosti-vybora-sistem-navozoudaleniya-na-zhivotnovodch-heskih-fermah-i-kompleksah>.
- Liu E. Production vacuum drying machine for bacterial manure: Chinese Patent CN206831928 (U); IPC F26B11/16, F26B21/00, F26B25/04, F26B5/04. № CN201720432902U 20170424; stated 24.04.2017; posted by 02.01.2018. 7 p.
- Cáceres R. et al. Nitrification during extended co-composting of extreme mixtures of green waste and solid fraction of cattle slurry to obtain growing media. *Waste Management*. 2016. Vol. 58. P. 118–125.
- Longhurst P.J. et al. Risk assessments for quality-assured, source-segregated composts and anaerobic digestates for a circular bioeconomy in the UK. *Environment International*. 2019. Vol. 127. P. 253–266.
- Zhang C. et al. Low-cost composited accelerants for anaerobic digestion of dairy manure: Focusing on methane yield, digestate utilization and energy evaluation. *Bioresource Technology*. 2018. Vol. 263. P. 517–524.
- Wang Q. et al. Utilization of medical stone to improve the composition and quality of dissolved organic matter in composted pig manure. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 197, Part 1. P. 472–478.
- Брюханов А.Ю. и др. Метод решения экологических проблем при обращении с навозом и помётом. *Молочнохозяйственный вестник*. 2017. № 3 (27). С. 84–96.
- Wu J. et al. Identifying the key factors that affect the formation of humic substance during different materials composting. *Bioresource Technology*. 2017. Vol. 244. P. 1193–1196.
- Dang Y. et al. Stimulation of the anaerobic digestion of the dry organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) with carbon-based conductive materials. *Bioresource Technology*. 2017. Vol. 238. P. 30–38.
- Афанасьев В.Н., Субботин И.А., Афанасьев А.В. Обоснование метода утилизации сельскохозяйственных отходов на основе требований инженерной экологии. *Сельское, лесное и водное хозяйство*. 2013. № 11. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/11/1242>.
- Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК: справочник. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 296 с.
- Матвєньє О.Г. та ін. Спосіб компостування гною: Пат. 28471 А Україна. № 97041688; заявл. 09.04.1997; опубл. 16.10.2000. Бюл. № 5. 2 с.
- Кравчук В.І. та ін. Спосіб вермикомпостування підстилкового гною: Пат. 33219 Україна. № u200802170; заявл. 20.02.2008; опубл. 10.06.2008. Бюл. № 11. 4 с.
- Бекер М.Е., Швинка Ю.Э., Лука В.Т., Лаукевиц Я.Я. Трансформация продуктов фотосинтеза: моногр. / под ред. М.Е. Бекера. Рига: Зинатне, 1984. 249 с.
- Austin G.N. Anaerobic digester for the production of methane gas from manure: United States. Patent US

- 2006/0223173 A1: IPC C12M I/O. № 11/388430; stated 24.03.2006; posted by 05.10.2006. 4 p.
20. Уйминов А.А. Способ производства биогаза из сельскохозяйственных отходов и биогазовая установка для его осуществления: Пат. 2463761 Российской федерация. № 2011113107/13; заявл. 06.04.2011; опубл. 20.10.2012. Бюл. № 29. 18с.
 21. Мянленко В.И. и др. Способ получения биогаза из экскрементов животных: Пат. 2526993 Российская федерация. № 2013112584/05; заявл. 20.03.2013; опубл. 27.08.2014. Бюл. № 24. 6 с.
 22. Сотников В.А., Сотников Д.В., Марченко В.В. Способ производства биогаза (варианты): Пат. 2524940 Российская федерация. № 2013100500/05; заявл. 09.01.2013; опубл. 10.08.2014. Бюл. № 22. 11 с.
 23. Ainsworth J.L., Atwood D., Rideout T. Integrated anaerobic digester system: United States. Patent US 2002/0079266A1: IPC CO2F 3/28. № 09/963130; stated 24.09.2001; posted by 27.06.2002. 20 p.
 24. Хмельовський В.С., Хмельовський О.В., Швець Р.Л. Обґрунтування установки для сепарування гною. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. Вип. 212(2). С. 293–296. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnuau_tech_2015_212\(2\)_43](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnuau_tech_2015_212(2)_43).
 25. An J.S. Heat accumulating type vacuum drying machine for dung of domestic animal: Patent World Intellectual Property Organization WO9516173 (A1): IPC F26B11/16, F26B5/04, (IPC1–7) F26B17/20, F26B21/00, F26B5/04. № WO1994KR00019 19940315; stated 15.03.1994; posted by 15.06.1995. 13 p.

REFERENCES

1. Afanasev, A.V. (2012). Svravnitel'naya ekologo-ekonomicheskaya otsenka tekhnologiy pererabotki navoza i pometa [Comparative environmental and economic assessment of technologies for manure and litter processing]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva : sbornik nauchnykh trudov GNU SZNIIMESKH Rosselkhozakademii – Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products: collection of scientific papers of the State Scientific Institution North-West Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 83, 82–93 [in Russian].
2. Romanovskaya, A.A. (2008). Otsenka obemov antropogennoy emissii metana v zhivotnovodstve rossii [Estimation of volumes of anthropogenic emissions of methane in russian animal husbandry]. *Selskokhozyaystvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 6, 59–65 [in Russian].
3. Paluszak, Z. & Ligocka, A. (2003). Badania mikrobiologiczne gleby aluwialnej skażonej gnojowicą. *Roczniki Gleboznawcze*, 54, 1/2, 117–124 [in Polish].
4. Grygier, S., Idziak, P. & Jędrzejczak, M. (2018). Energetyczne wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych powstających w dużych fermach hodowli bydła. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 1/1, 25–37 [in Polish].
5. Borisov, V.I., Tarasov, V.V. & Tuvin, O.N. (2020). Osnovnye osobennosti vybora sistem navozoudaleniya na zhivotnovodcheskikh fermakh i kompleksakh [The main features of the choice of manure removal systems on livestock farms and complexes]. *Nauchnoe obozrenie. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal – Scientific Review. International scientific and practical journal*, 1, 1–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-osobennosti-vybora-sistem-navozoudaleniya-na-zhivotnovodcheskih-fermah-i-kompleksah> [in Russian].
6. Liu, E. (2018). Production vacuum drying machine for bacterial manure: Chinese Patent CN206831928 (U) for a utility model. № CN201720432902U 20170424 [in Chinese].
7. Cáceres, R. et al. (2016). Nitrification during extended co-composting of extreme mixtures of green waste and solid fraction of cattle slurry to obtain growing media. *Waste Management*, 58, 118–125 [in English].
8. Longhurst, P.J. et al. (2019). Risk assessments for quality-assured, source-segregated composts and anaerobic digestates for a circular bioeconomy in the UK. *Environment International*, 127, 253–266 [in English].
9. Zhang, C. et al. (2018). Low-cost composited accelerants for anaerobic digestion of dairy manure: Focusing on methane yield, digestate utilization and energy evaluation. *Bioresource Technology*, 263, 517–524 [in English].
10. Wang, Q. et al. (2018). Utilization of medical stone to improve the composition and quality of dissolved organic matter in composted pig manure. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1, 472–478 [in English].
11. Bryukhanov, A.Yu. et al. (2017). Metod resheniya ekologicheskikh problem pri obrashchenii s navozom i pometom [Method of environmental problem solution in manure management]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik – Dairy Farming Bulletin*, 3 (27), 84–96 [in Russian].
12. Wu, J. et al. (2017). Identifying the key factors that affect the formation of humic substance during different materials composting. *Bioresource Technology*, 244, 1193–1196 [in English].
13. Dang, Y. et al. (2017). Stimulation of the anaerobic digestion of the dry organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) with carbon-based conductive materials. *Bioresource Technology*, 238, 30–38 [in English].
14. Afanasev, V.N., Subbotin, I.A. & Afanasev, A. V. (2013). Obosnovanie metoda utilizatsii selskokhozyaystvennykh otkhodov na osnove trebovaniy inzhenernoy ekologii [Justification of the method of disposal of agricultural waste based on the requirements of environmental engineering]. *Selskoe, lesnoe i vodnoe khozyaystvo – Agriculture, forestry and water management*, 11. URL: <http://agro.snauka.ru/2013/11/1242> [in Russian].

15. Golubev, I.G., Shvanskaya, I.A., Konovalenko, L.Yu. & Lopatnikov, M.V. (2011). *Retsikling otkhodov v APK: spravochnik [Recycling of waste in the agroindustrial complex: reference book]*. Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh» [in Russian].
16. Matviets, O.H. et al. (1997). Sposib kompostuvannya hnoiu: Patent 28471 na vynakhid [A method for humus composting: Patent 28471 for Invention]. № 97041688. Bull. No. 5 [in Ukrainian].
17. Kravchuk, V.I. et al. (2008). Sposib vermykompostuvannya pidstylkovoho hnoiu: Patent 33219 na korysnu model [A method to vermicompost litter manure: Patent 33219 for a utility model]. № u200802170. Bull. No. 11 [in Ukrainian].
18. Beker, M.Ye., Shvinka, Yu.E., Luka, V.T. & Laukevits, Ya.Ya. (1984). *Transformatsiya produktov fotosinteza: monografiya [Transformation of photosynthesis products: monograph]*. Riga: Zinatne [in Russian].
19. Austin, G.N. (2006). Anaerobic digester for the production of methane gas from manure: United States. Patent US 2006/0223173 A1. № 11/388430 [in English].
20. Uyminov, A.A. (2011). Sposob proizvodstva biogaza iz selskokhozyaystvennykh otkhodov i biogazovaya ustanovka dlya ego osushchestvleniya: Patent 2463761 na izobretenie [Method of production of biogas from agricultural waste and biogas plant for its implementation: Patent 2463761 for Invention]. № 2011113107/13. Bull. No. 29 [in Russian].
21. Myalenko, V.I. et al. (2013). Sposob polucheniya biogaza iz ekskrementov zhyvotnykh: Patent 2526993 na izobretenie [Method of producing biogas from animal waste: Patent 2526993 for Invention]. № 2013112584/05. Bull. No. 24 [in Russian].
22. Sotnikov, V.A., Sotnikov, D.V. & Marchenko, V.V. (2013). Sposob proizvodstva biogaza (varianty): Patent 2524940 na izobretenie [Method of producing biogas (versions): Patent 2524940 for Invention]. № 2013100500/05. Bull. No. 22 [in Russian].
23. Ainsworth, J.L., Atwood, D. & Rideout, T. (2002). Integrated anaerobic digester system: United States. Patent US 2002/0079266A1. № 09/963130 [in English].
24. Khmelovskiy, V.S., Khmelovskiy, O.B. & Shvets, R.L. (2015). Obgruntuvannya ustanovky dlia separuvannya hnoiu [Substantiations installation for manure separation]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy – Scientific Bulletin of national University of life and environmental Sciences of Ukraine*, 212 (2), 293–296. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2015_212\(2\)_43](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2015_212(2)_43) [in Ukrainian].
25. An, J.S. (1995). Heat accumulating type vacuum drying machine for dung of domestic animal: Patent World Intellectual Property Organization WO9516173 (A1) for Invention. № WO1994KR00019 19940315 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.05.2020