



DOI 10.32782/2078-0877-2025-25-1-6

УДК 620.95:628.353

О. Г. Скляр¹, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Р. В. Скляр¹, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-1547-5100

Б. В. Болтянський¹, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0003-2072-4025

С. В. Сиротюк², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-9966-6299

С. В. Коробка², канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-4717-509X

¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОФІЛЬТРІВ У БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Анотація. У статті розглянуто сучасний стан переробки гнойових стоків у метантенках із біофільтрами, що забезпечують покращене зброджування органічної маси завдяки штучному накопиченню метаноутворювальних мікроорганізмів. Проаналізовано вплив біофільтрів на стабілізацію процесів метаногенезу, розширення діапазону рН і температурних режимів, що сприяє підвищенню ефективності біогазових установок. Визначено основні вимоги до матеріалів біофільтрів та методи їх використання. Досліджено перспективи застосування анаеробних біофільтрів у біогазових технологіях для різних типів органічної сировини.

Ключові слова: біогаз, анаеробне зброджування, метантенк, переробка, органічні відходи, метаногенез.

Постановка проблеми. Розвиток біогазових технологій в Україні є одним із ключових напрямів у сфері відновлюваної енергетики та екологічно безпечної утилізації органічних відходів [1; 2]. Водночас ефективність анаеробного зброджування залишається залежною від низки чинників, зокрема нестабільності процесу метаногенезу, коливань рН-середовища, температурних режимів і низької концентрації метаноутворювальних бактерій у реакторі. Одним із перспективних рішень для оптимізації роботи біогазових установок є використання біофільтрів [3; 4], що сприяють закріпленню мікроорганізмів, підвищенню продуктивності метантенків та зменшенню енергетичних витрат на підтримку процесу.

В Україні біогазові установки часто працюють із сировиною, що має нерівномірний склад (гній великої рогатої худоби, свиней, птахівництва, агропромислові відходи), що ускладнює підтримку оптимальних умов зброджування [5–7]. Крім того, значна частина установок функціонує з недостатнім рівнем автоматизації та енергоефективності. У цьому контексті дослідження використання анаеробних біофільтрів є надзвичайно актуальним, адже вони дають змогу підвищити вихід метану, стабілізувати біохімічні процеси та знизити потребу в зовнішньому підігріві субстрату.

Наукове обґрунтування ефективності біофільтрів у біогазових установках є важливим завданням для України, де питання енергетичної незалежності, ефективного поводження з органічними відходами та зниження викидів парникових газів є стратегічно важливими. Упровадження біофільтраційних систем у біогазову інфраструктуру може значно покращити конкурентоспроможність галузі та сприяти її інтеграції до європейського енергетичного простору.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження у сфері біогазових технологій із застосуванням біофільтрів зосереджені на підвищенні ефективності анаеробного зброджування, стабілізації процесів метаногенезу та оптимізації очищення стічних вод [8; 9]. Значна увага



приділяється використанню біофільтраційних систем для покращення утримання метаноутворювальних мікроорганізмів, що дає змогу підвищити вихід біогазу та розширити діапазон робочих параметрів збродження [10].

Дослідження спрямовані на визначення впливу конструктивних особливостей біофільтрів, вибору матеріалів для їх наповнення та інтеграції таких систем у роботу метантенків. Окремо розглядається питання автоматизації та контролю параметрів біофільтраційних установок для підвищення їх продуктивності та економічної доцільності [11; 12].

Сучасні наукові праці демонструють перспективність використання біофільтрів для покращення ефективності біогазових установок, особливо при роботі з різними видами органічної сировини, як-от агропромислові відходи, гній, пташиний послід та харчові відходи [13; 14]. Упровадження таких технологій сприяє зменшенню енергетичних витрат на підтримання процесу та підвищенню стабільності роботи біогазових станцій [15–17].

Формулювання мети статті. Мета статті – проаналізувати й обґрунтувати ефективність використання біофільтрів у біогазових установках для покращення процесів анаеробного збродження органічних відходів. Дослідження спрямоване на вивчення впливу біофільтраційних систем на стабільність метаногенезу, підвищення продуктивності метантенків та оптимізацію технологічних параметрів збродження.

Основна частина. Одним із напрямів покращення анаеробної переробки гнойових стоків є використання біофільтрів, які сприяють тривалому утриманню метаноутворювальних мікроорганізмів у робочій камері метантенка. Це дає змогу адаптувати систему до різних типів субстратів, зокрема висококонцентрованих органічних відходів, як-от свинячий гній, гній великої рогатої худоби та пташиний послід, а також менш насичених органічними речовинами, наприклад, відходів агропереробної та харчової промисловості [17; 18].

Штучне накопичення метаноутворювальних мікроорганізмів у метантенку має на меті розширення рН, температурного оптимуму, подовження терміну дії біофільтра [19; 20].

Усі методи акумулювання метаноутворювальних мікроорганізмів, включно з біофільтрами, повинні відповідати низці важливих вимог:

- мінімізувати або повністю усувати контакт мікроорганізмів із токсичними речовинами, а також захищати їх від негативного впливу температурних й осмотичних стресів;
- забезпечувати надійне закріплення мікроорганізмів на носії, щоб запобігти їх вимиванню з біофільтра;
- гарантувати високу експлуатаційну стабільність біокатализаторів, що визначається механічною, хімічною та біологічною стійкістю біофільтра у відповідних технологічних умовах;
- сприяти ефективному накопиченню мікроорганізмів необхідними поживними речовинами та своєчасному виведенню продуктів їхньої життєдіяльності;
- не створювати значних дифузійних перешкод для масообмінних процесів, що забезпечують стабільне функціонування системи;
- бути економічно доцільними, тобто мати невисоку вартість та доступність вихідних матеріалів для іммобілізації клітин мікроорганізмів.

Одним із методів інтенсифікації процесу збродження біомаси є система анаеробного біофільтра (рис. 1), що ґрунтується на здатності адсорбуватися на відповідних розвинених поверхнях [21].

Оскільки явище адсорбції мікроорганізмів та обростання постійні в природі, то засновані на цьому методи не є новими. Новизна здебільшого полягає в застосуванні матеріалів, яких немає в природі, як правило, різних полімерів. Ступінь закріплення метаноутворювальних мікроорганізмів часто залежить не стільки від полімерного адсорбенту, скільки від його форми. Основні труднощі під час використання фізичних методів накопичення мікроорганізмів виникають

у забезпеченні достатньої пористості одержуваного матеріалу, оскільки адсорбовані на носії біофільтра мікроорганізми виділяють продукти життєдіяльності, які забивають пори та створюють труднощі для доступу продукту, що переробляється [22; 23].

Накопичені на гранульованих адсорбентах метаногенні мікроорганізми застосовують у реакторах, що отримали назву анаеробних фільтрів (біофільтрів). Останнім часом проявляється великий інтерес до анаеробних біофільтрів, дослідження і застосування їх при переробці рідких стоків тваринництва.



Рис. 1. Основні характеристики, переваги та вимоги до анаеробних біофільтрів

Біофільтр є одним з основних елементів коопераційної біогазової установки, де біоплівка утворюється здебільшого з асоціації анаеробних мікроорганізмів, які, розкладаючи органічні речовини, перетворюють їх на метан, водень, вуглекислоту без доступу кисню. Перевагою таких біофільтрів, порівняно з аеробними, є менше споживання електроенергії та отримання біогазу [22; 24].

За конструктивними особливостями та видами застосовуваних матеріалів анаеробні біофільтри поділяють на жорсткі засипні та жорсткі блокові (рис. 2).

Жорсткі засипні біофільтри за конструкцією виготовлення бувають у вигляді кілець, сідел, обрізків труб та інших елементів і призначені для анаеробної переробки слабонасиченої органіки, а як джерело виготовлення можуть бути використані керамічні, сталеві та пластмасові матеріали. Питоме навантаження за БСК для жорстких засипних біофільтрів становить 10–20 кг/м³ (табл. 1) [5; 11].

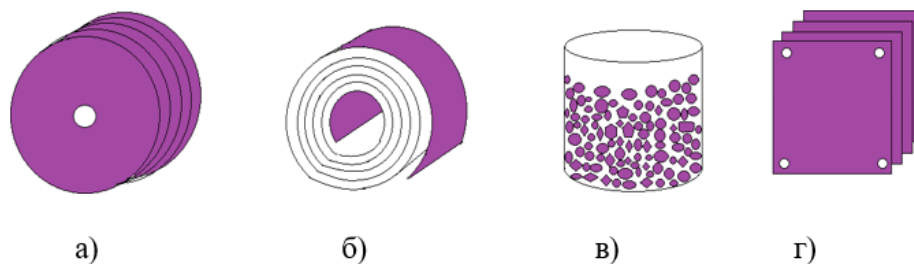


Рис. 2. Конструктивні особливості жорстких анаеробних біофільтрів:
а) дискові; б) рулонні; в) засипні; г) блокові

Таблиця 1

Характеристика насадок для жорстких засипних біофільтрів

№	Найменування насадок та їх габаритні розміри (довжина х ширина х висота), мм	Питома ⁻¹ пористість, м	Вільний обсяг	Еквівалентний діаметр, м	Кількість ³ одиниць у 1 м ³ , шт.	Маса 1 м ³ , кг
1	2	3	4	5	6	7
1.1	Регулярні насадки: Керамічні кільця Рашига 50 x 50 x 5 80 x 80 x 8 100 x 100 x 10	110 80 60	0,735 0,72 0,72	0,027 0,036 0,048	8500 2200 1050	650 670 670
2.1	Безладні засипні насадки: Керамічні кільця Рашига 10 x 10 x 1,5 15 x 15 x 2 25 x 25 x 3 35 x 35 x 4 50 x 50 x 5	440 330 200 140 90	0,7 0,7 0,74 0,78 0,785	0,006 0,009 0,015 0,022 0,035	700000 220000 50000 18000 6000	700 690 530 530 530
2.2	Стальні кільця Рашига 10 x 10 x 0,5 15 x 15 x 0,5 25 x 25 x 0,8 50 x 50 x 1,0	500 350 220 110	0,88 0,92 0,92 0,95	0,007 0,012 0,017 0,035	770000 240000 55000 7000	960 660 640 430
2.3	Керамічні кільця Паля 25 x 25 x 3 35 x 35 x 4 50 x 50 x 5 60 x 60 x 6	220 165 120 96	0,74 0,76 0,78 0,79	0,014 0,013 0,026 0,033	46000 18500 5800 3350	610 540 520 520
2.4	Сталеві кільця Паля 15 x 15 x 0,4 25 x 25 x 0,6 35 x 35 x 0,8 50 x 50 x 1,0	380 235 170 103	0,9 0,9 0,9 0,9	0,01 0,015 0,021 0,033	230000 52000 18200 6400	525 490 455 415
2.5	Керамічні сидла Берля 12,5 25 38	460 260 165	0,68 0,69 0,7	0,06 0,011 0,017	570000 78000 30500	720 670 670



Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
2.6	Керамічні кільця «ІНТОЛОКС»					
	12,5	675	0,78	0,005	780000	545
	19	335	0,77	0,009	229000	560
	25	255	0,775	0,012	84000	545
	38	195	0,81	0,017	25000	480
	50	118	0,79	0,027	9350	530

Жорсткі блокові у вигляді решіток, блоків, зібраних листів і м'які блокові або рулонні (табл. 2) – можуть бути використані пластмас (полівінілхлорид), поліетилен, азбестоцемент, кераміка, піноскло, металева сітка, синтетичні тканини (капрон, нейлон) та інші матеріали.

Наприклад, фірма «СЖН» (Франція) широко рекламує очищення тваринницьких стоків шляхом анаеробного бродіння, що ґрунтується на використанні фіксованих мікроорганізмів на пластиковому носії довільного наповнення, а також біофільтр-метантенк із наповнювачем у вигляді пористих утворень чи довгих вертикальних трубок із наскрізними паралельними каналами. Біофільтр-метантенк складається з двох вертикальних ємностей, з'єднаних між собою і забезпечених патрубками для вивантаження й подання вихідного збродженого субстрату та відведення біогазу, у верхній і нижній частині якої шарами закріплений матеріал, що фіксує біоплівку. Недоліком цієї технології є форма пристрою біофільтра, звідси низька ефективність процесу очищення стоків через малу питому площу накопичувального матеріалу й малу поверхню контакту стоків, що очищаються [22].

Таблиця 2

Характеристика насадок для жорстких блокових, м'яких блокових і рулонних біофільтрів

№	Найменування насадок та їхні габаритні розміри	Питома пористість, м ³	Вільний об'єм	Маса 1 м ³ кг	Питома навантаження по БСК, кг/м ³ · доб.	Ступінь очищення, відс.
1	Пластмасова решітка (полівінілхлорид) 50 x 50 x 40 x 22 (мм)	105	0,9	120	10-12 3,5	50-60 88-98,5
2	Гофровані листи (поліетилен) 500 x 500 x 60 (мм)	80	0,96	40	8-9	понад 50
3	Гофровані азбестоцементні листи 1,75 x 1,3 (мм)	56	0,8	250	до 20	60-80
4	Керамзит, 40-70 мм	120	0,73	500	9-13	60-70
5	Блоки піноскла 0,45 x 0,45 x 0,12 м 2-18 мм	до 150	-	-	до 13	до 90
6	Металеві сітки (шарами або рулонами) 98 см	-	0,94	60	1,2	66-95
7	Синтетичні тканини (капрон, нейлон на металевих стрижнях)	80 85	0,94 0,94	15 35	-	-
8	Пластмасові плівки (рулон на металевих стрижнях)	100 40-50	0,94 0,94	60 6	1,50 1,05	90-92 90-92



Останнім часом для очищення стоків тваринницьких комплексів анаеробні біофільтри застосовують у Японії, де як наповнювач здебільшого використовують природне каміння, що містить карбонат магнію. Для очищення тваринницьких висококонцентрованих стоків застосовують багатоступеневі біофільтри з використанням високоактивних анаеробних мікроорганізмів. Застосування анаеробних біофільтрів практикують і в США, особливо під час очищення змішаних стоків (побутових, промислових і тваринницьких стоків). Як наповнювач у біофільтри використовують пластмасові блоки типу «Полігрід», «Доупак», «Флоркор» розміром 0,9 x 0,52 x 0,36 м, висота шару 7–16 м.

Порівняння роботи біофільтрів із завантаженням із пластмаси та доменного шлаку показало, що ефект очищення становив 82 % і 62 % відповідно. У сільській місцевості в США для очищення концентрованих стоків використовують солом'яні мати, рисове лушпиння, які є доволі стійкими до забруднень і сприяють гарному розвитку та утриманню анаеробних мікроорганізмів у метантенку [25].

У Німеччині проведено випробування анаеробного фільтра, призначеного для очищення промислових і побутових стічних вод, у яких як накопичувальний матеріал використовують відходи бурого вугілля у вигляді нерухомого й псевдорухомого шару. Надлишкову біоплівку, що утворюється, визначають за різницею щільності [22].

У Польщі розроблено метод двоступеневого очищення концентрованих стоків. Згідно із цією технологією спочатку проводять анаеробне зброджування в біофільтрі в термофільному режимі (50–55 °C) протягом 4–6 діб, а потім обробку стоків здійснюють в аеробному фільтрі, також у термофільному режимі. Процес ведуть до повного очищення стоків. Отриманий біогаз використовують для підтримання теплового балансу установки. Тверду масу використовують як добриво [13].

Дослідження, проведені зарубіжними фахівцями з визначення окислювальної здатності заглибних біофільтрів різної конструкції, показали, що ці біофільтри можна рекомендувати для очищення невеликих кількостей висококонцентрованих стоків від промислових підприємств і сільськогосподарських об'єктів. Ефект зниження органічного забруднення в цих біофільтрах залежить від тривалості контакту стічної рідини з біоплівкою, тобто швидкості руху рідини, також від ступеня її забруднення. Також дослідження в галузі застосування дискових обертових біофільтрів для очищення стічних вод практикують у Японії. У Німеччині розроблено обертовий порожнистий спіральний біофільтр, що обертається, для фізико-хімічного й біологічного очищення стічної води, зокрема, біофільтр із зовнішньою та внутрішньою поверхнями для росту відповідних мікроорганізмів, а в США – обертовий барабанний біофільтр жорсткого виконання, усередині наповнений носіями мікроорганізмів [7; 8].

Під впливом метаногенного консорціуму мікроорганізмів відбувається значне зниження вмісту органічних забруднень у відходах та стічних водах, супроводжуване утворенням біогазу. Отриманий біогаз може бути використаний як джерело енергії або як вуглецевий субстрат для синтезу кормової біомаси. Використання метаногенезу із застосуванням біофільтрів у процесі зброджування органічних відходів сьогодні розглядається як один із найефективніших підходів до комплексного вирішення екологічних та енергетичних викликів.

Можна сформулювати такі перспективи використання біофільтрів у біогазових установках:

1. *Оптимізація процесу метаногенезу.* Застосування біофільтрів у біогазових установках сприяє створенню сприятливих умов для розвитку метаноутворювальних мікроорганізмів. Біофільтраційні системи забезпечують збільшену площу адгезії для бактерій, що стабілізує процес анаеробного зброджування та знижує ризик інгібування через різкі зміни параметрів середовища. Завдяки цьому можливе підвищення виходу біогазу та скорочення часу зброджування органічної сировини.



2. *Підвищення енергоефективності біогазових станцій.* Однією з ключових переваг використання біофільтрів є зниження потреби в частому перемішуванні субстрату, що дає змогу зменшити енергетичні витрати установки. Біофільтри також сприяють підтриманню стабільної температури в метантенках, що особливо важливо для термофільного режиму зброджування, який забезпечує максимальну продуктивність процесу.

3. *Розширення спектра сировини для зброджування.* Традиційні біогазові установки часто стикаються з труднощами при переробці високоцелюлозної або жирної сировини. Біофільтри дають змогу значно розширити спектр сировини завдяки більш ефективному розкладанню органічних речовин та їх поступовому засвоєнню бактеріями. Це дає змогу використовувати аграрні залишки, птишиний послід, харчові відходи та інші складноокиснювані органічні матеріали.

4. *Екологічні переваги та зменшення шкідливих викидів.* Біофільтри сприяють зменшенню викидів сірководню (H_2S) та інших шкідливих газів, що робить біогаз більш придатним для використання в енергетичних цілях. Додатково відбувається ефективне очищення залишкових стічних вод, що дає змогу зменшити забруднення навколишнього середовища та підвищити рівень екологічної безпеки біогазових станцій.

5. *Тривалість експлуатації та зменшення експлуатаційних витрат.* Використання біофільтрів продовжує термін служби метантенків і зменшує потребу в очищенні обладнання. Завдяки створенню біоплівки на поверхні фільтраційних матеріалів знижується ризик утворення осадів та закупорювання системи, що сприяє більш ефективній і тривалій експлуатації установок без потреби в частих ремонтних роботах.

6. *Перспективи інтеграції біофільтрів у промислові та муніципальні біогазові проєкти.* Біофільтри мають широкий спектр застосування не лише в аграрному секторі, а й у харчовій, фармацевтичній та комунальній сферах. Використання таких систем дає змогу покращити якість біогазу та зробити його придатним для очищення до біометану з подальшим поданням у газорозподільну мережу.

Висновки. Використання біофільтрів у біогазових установках сприяє покращенню продуктивності процесу анаеробного зброджування, зменшенню експлуатаційних витрат, розширенню сировинної бази та зниженню екологічного навантаження. Упровадження біофільтраційних технологій у біогазові комплекси України може стати одним із ключових напрямів удосконалення біоенергетики та сприяти енергетичній незалежності країни.

Список використаних джерел

1. G.G. Geletukha, T.A. Zheliezna, S.V. Drahnev, P.P. Kucheruk. Prospects for the production of advanced biofuels in Ukraine. *Energy Technol. Resour. Sav.* 2023. 76 (3). С. 71–82. <https://doi.org/10.33070/etars.3.2023.06>
2. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник/ Б. В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
3. Ningsih, L. M., Hasanudin, U., Roubík, H. (2024). The Use of Biofilter in Anaerobic Baffled Reactor to Improve Quality of Methane Concentration and Effluent as Liquid Organic Fertiliser. *Journal of Ecological Engineering*, 25(9), 226–234. <https://doi.org/10.12911/22998993/191261>
4. Roy Posmanik, Amit Gross, Ali Nejdat. Effect of high ammonia loads emitted from poultry-manure digestion on nitrification activity and nitrifier-community structure in a compost biofilter. *Ecological Engineering*. Volume 62, 2014. P. 140–147. ISSN 0925-8574. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.10.033>.
5. Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств : монографія / Захаренко М. О. та ін. Київ, 2015. 380 с.
6. Болтянський, Б., Сиротюк, С., Коробка, С., Стукалець, І. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 2024, 14(1). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-6>



7. Di Trapani, D., Christensso, M. and Odegaard, H. Hybrid activated sludge/biofilm process for the treatment of municipal wastewater in a cold climate region: A case study. *Water Sci. Technol.* 2011. Vol. 63. P. 1121–1129.
8. Murto, M., Björnsson, L. and Mattiasson, B. Impact of food industrial waste on anaerobic co-digestion of sewage sludge and pig manure. *Journal of Environmental Management*. 2004. Vol. 70, Issue 2. P. 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2003.11.001>
9. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату. Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2008. 117 с.
10. Xiao, G. Y. and Ganczarczyk, J.. Structural features of biomass in a hybrid MBBR reactor. *Environ. Technol.* 2006. Vol. 27. P. 289–298. <https://doi.org/10.1080/09593332708618643>
11. Куріс Ю. В. Біоенергетичні установки. Обладнання та технології переробки органічних енергоресурсів: підручн. [для наук, інжен.-техн. прац. та фахівців з альтерн. джерел енергії, як навч. посібн. для студ. вищих навч. закл.]. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 348 с.
12. Komar A. S. Methodological approaches to the optimization of machine technologies of animal waste disposal. *Scientific research in the modern world. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference.* Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2023. Pp. 194–198.
13. Комар А. С. Шляхи підвищення якості виробництва біодобрив. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 2024, 14(2). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-2-2>
14. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. «Multidisciplinary research»*. Bilbao, Spain 2020. Pp. 431–433.
15. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.
16. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol.16. No2, b. Pp. 183–188.
17. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. № 3. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-3.
18. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27–36. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-3.
19. Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброженої біомаси. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 3. С. 62–70. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-5.
20. Скляр Р. В. Аналіз методів визначення часу перебування та навантаження на метантенк. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2014. Вип. 148. С. 405–412.
21. Скляр Р. В. Методи інтенсифікації процесів метанового збродження. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2014. Вип. 4, т. 1. С. 3–9. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf4t1/3.pdf>
22. Gerardo Buelna, Rino Dubé, Nicolas Turgeon. Pig manure treatment by organic bed biofiltration. *Desalination*. Volume 231. Issues 1–3, 2008. P. 297–304, ISSN 0011-9164. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.11.049>
23. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89–100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.
24. Skliar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171–176.
25. Скляр Р. В. Основні принципи побудови та аналіз математичних моделей технологічних процесів. *«Молодь і технічний прогрес в АПК»*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : ХНТУСГ. 2021. С. 263–266.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2025 р.



O. Skliar¹, R. Skliar¹, B. Boltianskyi¹, S. Syrotyuk², S. Korobka²

¹Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

²Lviv National Stepan Gzhytsky University of Veterinary Medicine and Biotechnology

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOFILTERS IN BIOGAS PLANTS

Summary

The article deals with the current state of manure wastewater processing in digesters with biofilters that provide improved fermentation of organic matter due to the artificial accumulation of methane-forming microorganisms. The influence of biofilters on the stabilization of methanogenesis processes, expansion of the pH range and temperature conditions, which contributes to the efficiency of biogas plants, is analyzed. The basic requirements for biofilter materials and methods of their use are determined. A biofilter is one of the main elements of a cooperative biogas plant, where a biofilm is formed mainly from an association of anaerobic microorganisms that decompose organic matter and convert it into methane, hydrogen, and carbon dioxide without oxygen. The advantage of such biofilters, compared to aerobic ones, is lower electricity consumption and biogas production. The prospects for the use of anaerobic biofilters in biogas technologies for different types of organic raw materials are investigated. The prospects for the use of biofilters in biogas plants are considered: creating favorable conditions for the development of methane-forming microorganisms, increasing the energy efficiency of biogas plants, expanding the range of raw materials for fermentation, environmental benefits and reducing harmful emissions, extending the life of digesters and reducing the need for equipment cleaning, the possibility of integrating biofilters into industrial and municipal biogas projects. The use of biofilters in biogas plants helps to improve the performance of the anaerobic digestion process, reduce operating costs, expand the raw material base, and reduce the environmental burden. The introduction of biofiltration technologies into biogas complexes in Ukraine can become one of the key areas for improving bioenergy and contribute to the country's energy independence.

Keywords: biogas, anaerobic digestion, digester, processing, organic waste, methanogenesis.