



УДК 631/635:631.95

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.32>

## ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ УТИЛІЗАЦІЇ СТІЧНОЇ ВОДИ ТВАРИННИЦТВА

В. О. Пінчук<sup>1</sup>, Ю. В. Подоба<sup>2</sup>, О. В. Тертична<sup>3</sup>

Упродовж останніх років в Україні спостерігається позитивна динаміка розвитку тваринництва промислового типу, що підвищує локальне антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище. У районах розташування крупних тваринницьких підприємств джерелом локального забруднення довкілля є не лише гній, а й стічна вода в щорічній загальній кількості впродовж 1990–2023 років – 28,7–270,1 мільйона м<sup>3</sup>. До складу стоків входять гній і сеча тварин, залишки корму, механічні домішки й вода. На основі цієї сировини доцільно виробляти якісні органічні добрива та біопаливо, водночас знешкоджувати й очищати стічні води. Встановлено, що у складі стічної води впродовж 1990–2023 років щорічно скидалося 618,2–7 342,5 тисячі тонн органічної речовини, вміст якої найвищий у стоках скотарства – 477,1 тисячі т/рік, свинарства – 135,3 тисячі т/рік (2023 рік). Серед досліджених систем поводження з побічною продукцією тваринного походження в Україні біологічна обробка (компостування і анаеробні лагуни) за кількістю гною становлять 922,8 тисячі т/рік, або 1,8%. Частка викидів метану від систем біологічної обробки гною становить 4,73 тисячі т/рік, або 14% від загальних викидів (2023 рік). Показано перспективність дослідження локального впливу стічної води тваринницьких підприємств на довкілля за використання супутникового агроекологічного моніторингу. Аналізом світових тенденцій виділено основні технологічні підходи переробки побічної продукції тваринного і рослинного походження. У світі відмічається поступовий рух до усвідомлення того, що будь-які побічні продукти сільського господарства, навіть такі, що раніше вважалися непридатними для подальшого використання, є сировиною для отримання добрив, поживних субстратів, біопалива й біогенних елементів. Спрямування процесів до збільшення кількості поживних речовин в осаді з одночасним підвищенням ефективності біологічних процесів очищення стоків дозволить збільшити біологічну

1 кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії екології тваринництва (Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ)  
e-mail: pinchuk\_vo@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-0646-1580

2 кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії екології тваринництва (Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ)  
e-mail: yurpo@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-1000-7946

3 доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник лабораторії екології тваринництва (Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ; Інститут сільськогосподарської мікробіології та аграрного виробництва НААН, м. Чернігів)  
e-mail: olyater@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-9514-2858

імобілізацію розчинених органічних і мінеральних компонентів з метою переведення їх у тверду фракцію, придатну для відокремлення від рідини й подальшого гранулювання.

**Ключові слова:** тваринництво, побічна продукція, стічна вода, органічна речовина, добриво, викиди.

## ENVIRONMENTAL PERSPECTIVES FOR UTILIZATION OF LIVESTOCK WASTEWATER

V. O. Pinchuk, Yu. V. Podoba, O. V. Tertychna

*In recent years, Ukraine has seen positive dynamics in the development of industrial livestock, which increases the local anthropogenic load on the environment. In areas where large livestock enterprises are located, the source of local environmental pollution is not only manure, but also wastewater in an annual total amount of 28,7–270,1 million m<sup>3</sup> during 1990–2023. The wastewater includes animal manure and urine, feed residues, mechanical impurities and water. Based on these raw materials, it is advisable to produce high-quality organic fertilizers and biofuels, neutralizing and purifying wastewater.*

*It was found that 618,2–7 342,5 thous. tons of organic matter were discharged annually as part of wastewater during 1990–2023, the content of which is highest in cattle breeding wastewater – 477,1 thous. tons/year and pig farming – 135,3 thous. tons/year. Among the studied systems for handling animal by-products in Ukraine, biological treatment (composting and anaerobic lagoons) account for 922,8 thous. tons/year or 1,8% of manure in terms of volume. The share of methane emissions from biological manure treatment systems is 4,73 thous. tons/year or 14% of total emissions (2023). The potential of studying the local impact of wastewater from livestock enterprises on the environment using satellite agroecological monitoring is shown. Analysis of global trends has highlighted the main technological approaches to processing by-products of animal and plant origin. There is a gradual movement in the world towards the realization that any by-products of agriculture, even those previously considered unsuitable for further use, are raw materials for obtaining fertilizers, nutrient substrates, biofuels and biogenic elements. The direction of processes to increase the amount of nutrients in the sediment with a simultaneous increase in the efficiency of biological wastewater treatment processes will increase the biological immobilization of dissolved nutrients in order to convert them into a solid fraction suitable for separation from the liquid and subsequent granulation.*

**Key words:** livestock, by-products, wastewater, organic matter, fertilizer, emissions.

### Вступ

Одним із засобів підвищення кругообігу поживних речовин у циркуляційній біо-економіці є поєднання наукових, технологічних і комерційних шляхів щодо продовження ланцюга використання (валоризації) наявних біоресурсів (Kundu et al., 2022) і прагнення до завершеності циклів перероблення відходів “close loop” (Brandao et al., 2021), науково-технічною основою яких є розроблення раціональних технологій поводження з побічною продукцією сільськогосподарських і харчових підприємств. Як мінімум половина хімічних елементів кормів виділяється тваринами із гноєм і сечею (Практикум ..., 2015). Якщо хімічні елементи гною після компостування переважно повертаються розкидачами на поля, то з рідкими стоками процес рециркуляції ускладнений унаслідок неможливості швидкої утилізації, перероблення і зберігання великих об'ємів стічної води.

На великих тваринницьких фермах прибирання гною часто проводять змиванням

водою, тому до складу таких стоків входять гній і сеча тварин, залишки корму, механічні домішки й вода. На основі цієї сировини можна виробляти якісні органічні добрива та біопаливо, водночас знешкоджувати й очищати стічні води. За даними (Williams et al., 2016; Tang et al., 2019), стічна вода з підприємств тваринництва містить неперетравлені поживні речовини й метаболіти тварин у розчиненому або зваженому стані. Світові дослідження останніх років акцентують увагу на загальній сукупності розчинених органічних речовин (DOM – dissolved organic matter) у рідких стоках. Дослідженнями впливу на природні водні екосистеми (Qi et al., 2023) встановлено, що рідкі стоки тваринництва мають вищу біологічну активність порівняно з іншими стоками агровиробництва, отже, більший вплив на природні біологічні об'єкти. Тому у світі розробляються нові та вдосконалюються різні методи (Grell et al., 2023) відокремлення розчинених поживних речовин від стічної води тваринни-

цтва, які ґрунтовані на класичних підходах очищення (механічне, фізичне, хімічне, біологічне) побутових і промислових стічних вод. Очищення промислових стічних вод від забруднень органічними сполуками на тваринницьких підприємствах ефективно за використання біологічного очищення в аеротенках (Ребрикова та ін., 2018).

В Україні нині немає єдиної уніфікованої технології поводження зі стоками тваринницьких комплексів. Поширеними є технології аеробного очищення стоків з утворенням мулу й води. Іншим способом біологічного очищення і знезараження стоків є анаеробне метанове бродіння, у результаті якого в біогазових установках утворюється рідкий дигестат. У зв'язку із тим, що призначення цих технологій – очищення стоків або отримання біогазу, – органічні залишки фактично є побічною продукцією, яку необхідно утилізувати або використовувати в подальшій переробці. Для розроблення оптимальних систем поводження з побічною продукцією тваринництва насамперед необхідний аналіз сучасних обсягів стоків та їх просторової локалізації для визначення впливу стічної води агропідприємств на довкілля, розрахунок кількості виділення гною у промисловому тваринництві й встановлення концентрації органічних речовин у стічній воді. Тому метою цих досліджень є визначення органічних залишків у процесі виробництва продукції тваринництва, екологічна оцінка поводження і пошук шляхів раціонального використання поживних речовин стоків.

### Матеріал і методи

Для розрахунку об'єму стічних вод у тваринницьких господарствах використовували норми витрат виробничої води в системах видалення гною із тваринницьких приміщень і для миття годівниць з Відомчих норм технологічного проектування підприємств тваринництва та Державних будівельних норм України.

Кількість гною від сільськогосподарських тварин визначали на основі виділення нітрогену тваринами різних статевих вікових груп, поголів'я тварин і хімічного складу гною. Для визначення хімічного складу гною використовували науково-методичні рекомендації (Виробництво ..., 2009).

Розрахунок кількості виділення нітрогену й викидів метану (CH<sub>4</sub>) за системами видалення, зберігання та використання гною проводили згідно із загальноприйнятими міжнародними методичними підходами (IPCC ..., 2006; Ukraine's ..., 2023).

Коефіцієнти вмісту органічної речовини у гнойових стоках скотарства і свиноферм брали з літературних джерел (Біотехнологія ..., 2015).

Вміст органічної речовини у стічних водах птахофабрик розраховували на основі показника БПК<sub>5</sub> (кількість кисню в мг, потрібна для окиснення органічних речовин, що містяться в 1 л води, аеробними бактеріями до CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O впродовж 5 діб без доступу повітря і світла) за алгоритмом:

$$OP = \left( \frac{12}{32 \times 0,7} \right) \times \text{БПК}_5, \quad (1)$$

де: OP – вміст органічної речовини у стічній воді, мг/л;

БПК<sub>5</sub> – біологічна потреба кисню, мг O<sub>2</sub>/л;

12 – молекулярна маса вуглецю в молекулі CO<sub>2</sub>;

32 – молекулярна маса O<sub>2</sub> в молекулі CO<sub>2</sub>;

0,7 – коефіцієнт кількості окислювальної речовини за 5 діб.

Показник БПК<sub>5</sub> у стічній воді птахофабрики визначали лабораторним шляхом.

Вихідні дані для розрахунків кількості органічної речовини у стоках тваринництва брали з електронного ресурсу Державної служби статистики України (<http://www.ukrstat.gov.ua>) станом на 5 травня 2024 р. Дослідження проводилися на рівні тваринницьких підприємств різної спеціалізації.

Розрахунки й побудова картограм проводилися в середовищі програми "MS Excel 2021".

### Результати

Станом на 1 січня 2023 р. 30,5% поголів'я свиней і 42,7% птиці утримуються на промислових фермах з поголів'ям у тисячі, сотні тисяч або млн голів. Упродовж 2008–2022 рр. відбувається зменшення загальної кількості свинарських і птахівничих промислових господарств, водночас зростає поголів'я тварин у цих господарствах. Наприклад, якщо у 2008 р. були господарства з поголів'я свиней більше 3 000 гол., то із 2015 р. з'явилися господарства з поголів'я свиней більше 10 000 гол., у птахівництві із 2018 р. з'явилися господарства з поголів'ям більше 50 тис. голів птиці, тобто з року в рік зростає локальне антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище від тваринницьких господарств. Визначення кількості органічної речовини у стоках тваринницьких господарств різних напрямів виробництва нерозривно пов'язано з оцінкою загальних витрат води, кількістю виділеного гною і стічної води (Пінчук та ін., 2025).

Унаслідок проведення технологічних операцій, як-от промивання каналів системи видалення гною із тваринницьких приміщень, миття годівниць і прибирання приміщень, до складу стоків можуть входити гній і сеча тварин, залишки корму, механічні домішки й вода, тому розраховано кількість виділеного гною від сільськогосподарських тварин різних видів усіх категорій господарств України впродовж 1990–2023 рр., що становило 54,1–266,6 млн т/рік (рис. 1).

Нині найбільше гною (посліду) виділяється у скотарстві – 69%, свинарстві – 25%, птахівництві – 6% від загальної кількості. За категоріями господарств найбільше гною утворюється в сільськогосподарських підприємствах – 54%, фермерських господарствах – 40%, господарствах населення – 6% (рис. 2).

За адміністративними областями найбільше гною виділяється в Полтавській (4,59 млн т/рік), Хмельницькій (4,50 млн т/рік) і Київській (4,31 млн т/рік) областях. Найменше – у Запорізькій (0,27 млн т/рік), Миколаївській (1,04 млн т/рік) і Чернівецькій (1,21 млн т/рік) (рис. 3).

Відмінності в адміністративних областях за кількістю виділення гною пов'язані з різною локалізацією сільгоспдприємств, фермерських господарств і господарств населення залежно від їхньої спеціалізації, що необхідно враховувати у плануванні повернення органічної речовини у ґрунт і оцінюванні рівня локального антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. У районах розташування крупних тваринницьких підприємств джерелом локального забруднення довкілля є не тільки гній, а й стічна вода, у щорічній загальній кількості впродовж 1990–2023 рр. 28,7–270,1 млн м<sup>3</sup>.

Окрім того, на рівень антропогенного забруднення і втрат поживних речовин гною впливає використання тієї чи іншої системи видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин у різних категоріях господарств. Згідно з Національним кадастром антропогенних викидів із джерел і абсорбції поглиначами парникових газів (Ukraine's ..., 2023), в Україні розповсюджено 6 систем видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин по всіх категоріях господарств (табл. 1).

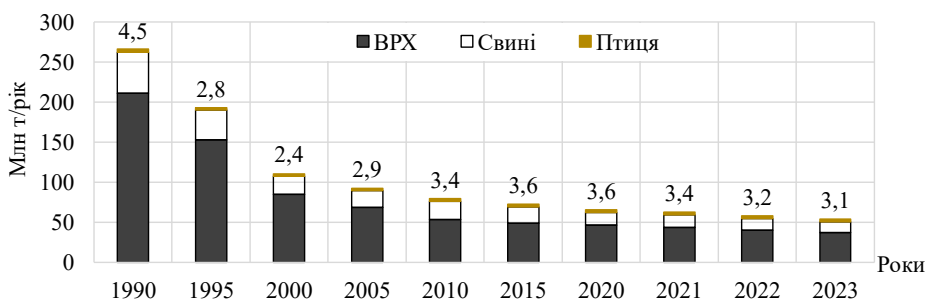


Рис. 1. Динаміка виділення гною від сільськогосподарських тварин різних видів усіх категорій господарств України (1990–2023 рр.)

Джерело: сформовано автором



Рис. 2. Відносна кількість виділення гною від сільськогосподарських тварин різних видів за категоріями господарств в Україні (2023 р.), %

Джерело: сформовано автором

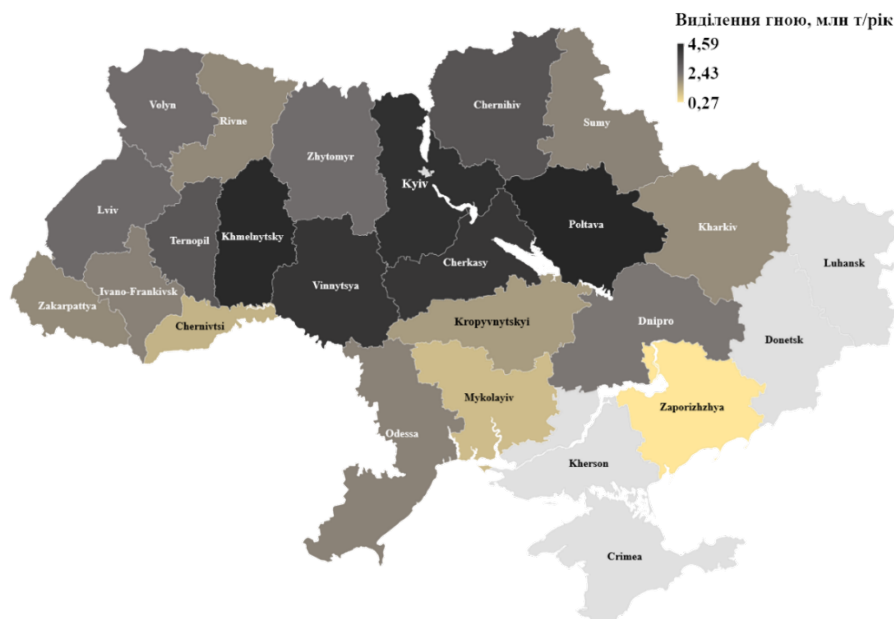


Рис. 3. Виділення гною від с.-г. тварин різних видів усіх категорій господарств за адміністративними областями України (2023 р.)

Джерело: сформовано автором

Таблиця 1

Виділення гною від с.-г. тварин різних видів усіх категорій господарств України за системами видалення, зберігання та використання гною (2023 р.)

Вид тварин	Кількість виділеного гною за системами видалення, зберігання та використання гною, тис. т					
	рідкий гній	тверде зберігання	пасовище/загін	анаеробні лагуни	послід без підстилки	компостування
ВРХ	1 270,0	17 650,5	18 036,0	–	–	385,5
Свині	4 244,6	8 885,3	–	405,8	–	129,9
Птиця	–	–	719,3	–	2 349,3	1,6
<b>Усього</b>	<b>5 514,6</b>	<b>26 535,7</b>	<b>18 755,3</b>	<b>405,8</b>	<b>2 349,3</b>	<b>517,0</b>

Джерело: сформовано автором

Переважна кількість гною (посліду) сільськогосподарських тварин нині зберігається у твердому вигляді (49%) та на пасовищі (35%), інші системи становлять 16%. Системи біологічної обробки гною (компостування і анаеробні лагуни) за кількістю гною становлять лише 1,8%.

За літературними та лабораторними даними, стічні води підприємств тваринництва у своєму складі містять 0,15–3,00% органічної речовини, яку треба осадити й повернути у ґрунт у формі органічного добрива, а зворотню воду використовувати на виробничі потреби. Визначено кількість органічної речовини стоків у тваринництві України різних напрямів виробництва (рис. 4).

Встановлено, що впродовж 1990–2023 рр. сільськогосподарськими підприємствами тваринництва у складі стічної води щорічно скидалося 618,2–7 342,5 тис. т органічної речовини, якої найбільше у стоках скотарства (2023 р.) – 77,2%, свинарства – 21,9%.

За адміністративними областями найбільше органічної речовини стоків у Полтавській (73,3 тис. т/рік), Київській (66,3 тис. т/рік) і Черкаській (62,3 тис. т/рік) областях. Найменше – у Закарпатській і Запорізькій (2,4 тис. т/рік), Чернівецькій (4,1 тис. т/рік) і Миколаївській (9,2 тис. т/рік) областях (рис. 5).

Біологічна обробка дозволяє ефективно осадити органічну речовину стічних вод, але водночас із тривалим зберіганням

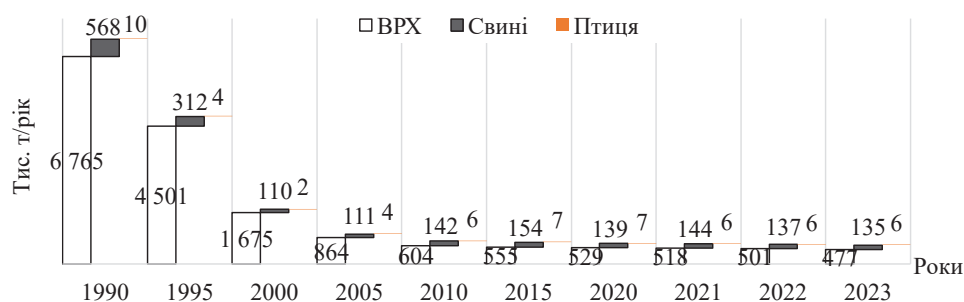


Рис. 4. Кількість органічної речовини стоків у тваринництві різних напрямів виробництва (1990–2023 рр.)

Джерело: сформовано автором

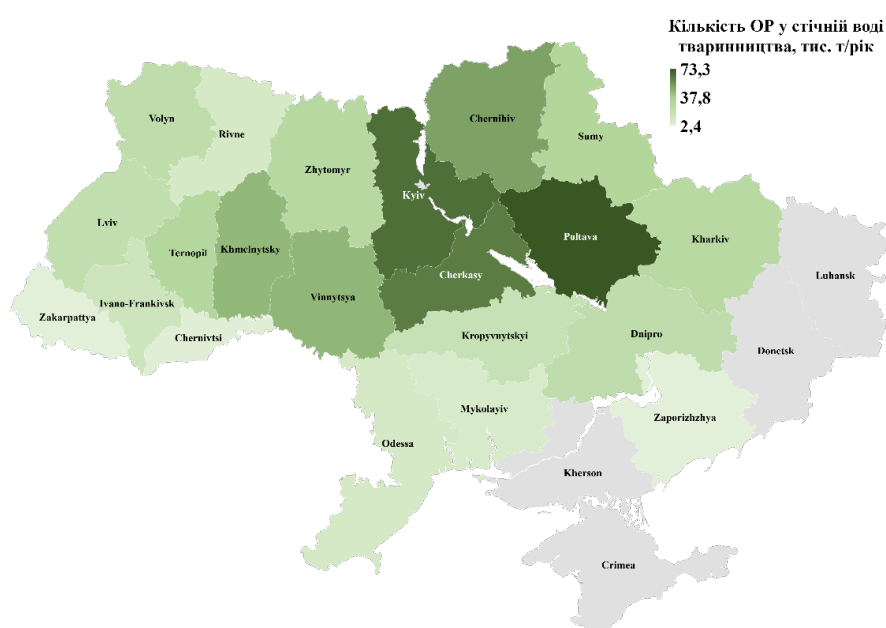


Рис. 5. Загальна кількість органічної речовини (ОР) стоків у тваринництві за адміністративними областями України (2023 р.)

Джерело: сформовано автором

гною, що є основним джерелом викидів  $\text{CH}_4$ . Розраховано викиди  $\text{CH}_4$  залежно від систем видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин в Україні всіх категорій господарств (рис. 6).

Встановлено, що впродовж 1990–2023 рр. від усіх систем видалення, зберігання та використання гною викидалося 33,2–137,4 тис. т  $\text{CH}_4$ /рік. Частка викидів  $\text{CH}_4$  від біологічної обробки гною нині становить 14% від загальної кількості викидів.

#### Обговорення

Усебічна механізація в сільському господарстві створює передумови для глобалізації

сучасного агросектору, локальної концентрації господарської діяльності та створення потужних агропідприємств з переробки. Для таких товаровиробників продукція рослинництва є сировиною, а побічною продукцією є органічна речовина у твердій або рідкій формі, яка не придатна для використання на кормові цілі. Цими підприємствами в секторі тваринництва переважно є комплекси з утримання тварин, біогазові станції, цехи з переробки й пакування тваринницької продукції. Кожне з них виробляє і нагромаджує органічні речовини, як-от гній ВРХ і свиней, пташиний послід, дігестат біогазових станцій, осад стічних вод. Якщо розглядати площу території

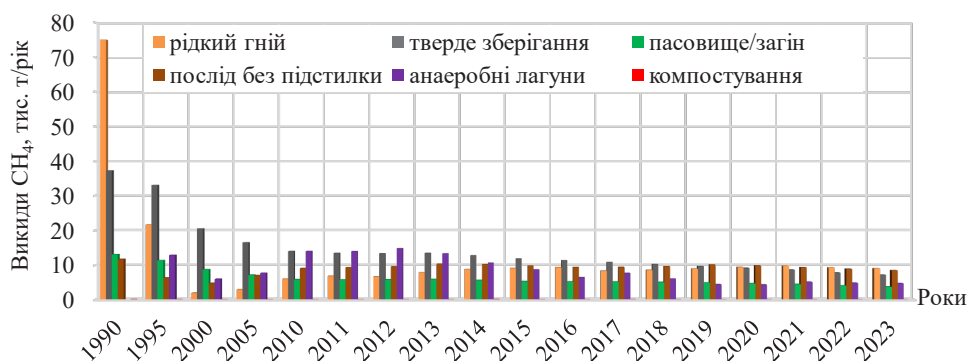


Рис. 6. Викиди  $\text{CH}_4$  за системами видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин усіх категорій господарств (1990–2023 рр.)

Джерело: сформовано автором

в кілька сотень  $\text{km}^2$  (орієнтовно 1 територіальна громада), то на цій території можуть працювати декілька таких підприємств: ферма ВРХ, свиноферма, птахофабрика й інші джерела рідких органічних речовин.

Дисбаланс у рециркуляції органічних речовин призводить до мінералізації гумусу ґрунтів (Пінчук і Подоба, 2023), з іншого боку, зростання потужностей виробництва тваринницьких підприємств, які мають побічну продукцію, призводить до локального збільшення концентрації органічних і мінеральних речовин навколо таких місць (Подоба та ін., 2023).

Для запобігання територіально обмеженому накопиченню відходів і створення передумов для можливості транспортування і розосередження перероблених речовин на площі, що не обмежується радіусом у кілька кілометрів, необхідне вдосконалення способів поводження з органічними речовинами, що є побічними продуктами перероблення рослинної сировини, і розроблення технологій переробки побічних продуктів тваринництва, які підвищують логістику та технологічність органічних добрив.

Адаптація існуючих технологій біологічного очищення стоків для отримання гранульованих органічних добрив із твердої фракції очистки органічних стоків різних підприємств тваринництва й харчової промисловості є багатовекторним завданням екології (Біотехнологія ..., 2015). Біологічні технології дозволяють отримувати компоненти добрив з різної побічної органічної сировини, підвищувати кругообіг поживних речовин через підвищення технологічності отриманого органічного субстрату та збільшення площі внесення у ґрунт (Екологічно ..., 2023).

Інтерпретацією безкисневої біологічної переробки й знезараження стоків є анаеробне метанове зброджування, у результаті якого з органічних речовин у біогазових установках метаногенами синтезується метан і, як побічний продукт, залишається суміш води й мулу – рідкий дігестат. Внесення рідкого дігестату у ґрунт потребує спеціальних машин і територіально обмежене радіусом у кілька кілометрів від біогазової установки. Для внесення відстояної стічної води або рідкого дігестату у ґрунт існують обмежені технічні можливості. Аплікатори для внесення органічних добрив ін'єкційного типу, а також сівалки з обладнанням для припосівного внесення рідких добрив обладнано фільтрами тонкої очистки, які не здатні вносити воду з домішками мулу чи іншими твердими частками. Для підвищення технологічних якостей органічної сировини розробляються різні технології, які дозволяють відокремлювати поживні речовини із залишків анаеробного бродіння, досліджуються ефективний рівень концентрації поживних речовин, вартість технологій та їхня ефективність (Скляр і Скляр, 2015).

Альтернативний шлях використання органічних речовин стоків – це переробка й трансформація розчинених поживних елементів завдяки діяльності мікроорганізмів за аеробних умов в аеротенках (SBR-реакторах), що використовують для очищення стічних вод тваринництва (Біотехнологія ..., 2015). Критеріями й очікуваними ефектами біологічного очищення варто вважати мінералізацію органічної речовини, зменшення вмісту та зміну складу завислих речовин, зміну фізичних властивостей стічних вод (запах, забарвлення, прозорість). SBR-реактори або станції аерації

призначені для біологічної очистки стічних вод за допомогою активного мулу. Бактерії у процесі життєдіяльності збільшують свою біомасу, що приводить до утворення осаду аеробного мікробіологічного розкладу органічної речовини. У результаті утворюється дрібнодисперсна органічна речовина, яка осідає на дно ємності у формі органічного мулу. Застосування подальших операцій з видалення цього осаду та його зневоднення створює передумови для отримання твердого органічного добрива.

Технологічно метод біологічного очищення можна реалізувати попереднім підбиранням найбільш ефективних композицій мікроорганізмів, наростивши (імобілізувавши) їхню біомасу на носії окремо від біореактора, в якому безпосередньо відбувається процес очищення. Коректна робота в аеротенку передбачає періодичну заміну чи очистку носіїв від відпрацьованої мікрофлори (Ребрикова та ін., 2018). Тому одним зі шляхів отримання добрива з осаду стічних вод є адаптація існуючих технологій біологічного очищення стоків для отримання гранульованих органічних добрив із твердої фракції очистки стоків різних підприємств тваринництва.

Очищення стічних вод тваринництва за використання мікроводоростей (Біотехнологія ..., 2015) є перспективним способом переробки, коли стоки використовуються як субстрат для вирощування біомаси фотосинтезуючих водоростей. У результаті відбувається глибоке їх очищення, такі стоки набувають статусу сировини для отримання біоенергії. Мікроводорості здатні фіксувати до 9% світлової енергії і трансформувати 513 т CO<sub>2</sub> у 280 т сухої біомаси на 1 га за рік (Sarwer et al., 2022).

Нині існує глобальна тенденція до поступового розширення напрямів і сфер використання відходів тваринництва. Спостерігається рух до усвідомлення того, що побічні продукти сільського господарства, навіть такі, що раніше вважалися непридатними для подальшого використання, є сировиною для отримання поживних речовин (Dadrasnia et al., 2021), або повторного використання очищеної води (Michael-Kordatou et al., 2015). Також інтенсивно розвивається напрям, де стоки тваринництва й харчових підприємств переробки використовуються як поживні субстрати або донори поживних речовин для вирощування біоти нижчих харчових ланок (мікроводоростей, комах, грибів, мікроорга-

нізмів та іншого) з метою отримання енергії, білка, полімерних речовин (Tom et al., 2021; Ruiz-Mercado, 2024). Також цікавий альтернативний напрям використання висушеного осаду як сировини для виробництва біопалива, олій і біовугілля (An et al., 2024). За даними організації "Change Chemistry", сучасна загальносвітова стратегія у сфері поводження з побічними речовинами різних індустрій передбачає глобальну економіку, де всі хімікати, матеріали та продукти є безпечними та стійкими, від створення до утилізації та повторного використання.

З розвитком супутникових технологій фотографування поверхні активно розвивається напрям дослідження стану агроєкосистем за супутниковими даними. Аналіз фотографій надає можливість оцінити об'єкти агроландшафтів, умови вологозабезпечення, визначити стан посівів (Tarariko et al., 2024), що створює передумови адаптації цих методичних підходів для визначення впливу стічної води на довкілля за станом рослинності навколо підприємств.

Отже, на сучасному етапі розвитку промислового тваринництва в Україні перспективними напрямками подальших досліджень є раціоналізація водокористування, зокрема відтворення ресурсів прісної води, упровадження біотехнологій для зниження забруднення природних водоймищ і оптимізація процесу біологічного очищення стоків. Розроблення способів підвищення ефективності біологічних процесів очищення стоків дозволить збільшити мікробіологічне засвоєння розчинених органічних і мінеральних компонентів з метою їх осадження і отримання твердих органічних добрив. Ці дослідження є частиною раціональних технологій, що вдосконалюють способи поводження з побічною продукцією тваринницьких підприємств і розширюють можливості в підвищенні кругообігу поживних речовин. Для дослідження локального впливу стічної води на довкілля вважаємо перспективним інструментом використання супутникового агроекологічного моніторингу підприємств тваринництва.

### **Висновки**

На підставі аналізу світових тенденцій поступового розширення напрямів використання побічної продукції тваринного походження відмічається рух до усвідомлення того, що будь-які побічні продукти сільського господарства, навіть такі, що раніше вважалися непридатними для подальшого використання, є сировиною



для отримання добрив, поживних субстратів, біопалива і біогенних елементів. Встановлено, що впродовж останніх 30 років в Україні спостерігається позитивна динаміка розвитку тваринництва промислового типу, що підвищує локальне антропогенне навантаження на НПС. У районах розташування крупних тваринницьких підприємств джерелом локального забруднення довкілля є не тільки гній, а й стічна вода, у щорічній загальній кількості впродовж 1990–2023 рр. 28,7–270,1 млн м<sup>3</sup>. У складі стічної води

впродовж 1990–2023 рр. щорічно скидалося 618,2–7 342,5 тис. т органічної речовини, вміст якої найвищий у стоках скотарства – 477,1 тис. т/рік, свинарства – 135,3 тис. т/рік (2023 р.). Серед досліджених систем видалення, зберігання та використання гною в Україні біологічна обробка (компостування і анаеробні лагуни) за кількістю гною становлять 922,8 тис. т/рік, або 1,8%. Частка викидів ПГ – CH<sub>4</sub> від систем біологічної обробки гною становить 4,73 тис. т/рік, або 14% від загальних викидів (2023 р.).

### Список використаної літератури

Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств : монографія / М.О. Захаренко та ін. Київ : НУБіП України, 2015. 380 с. [Електронний ресурс]. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/19557.pdf> (дата звернення 05.09.2025).

Виробництво органічних добрив : науково-методичні рекомендації / Л.В. Войтенко та ін. Київ : НУБіП України, 2009. 45 с. [Електронний ресурс]. URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u158/virobnorgdobr\\_2009.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u158/virobnorgdobr_2009.pdf) (дата звернення 05.09.2025).

Екологічно безпечні технології переробки побічної продукції тваринного походження з отриманням органічного добрива : науково-методичні рекомендації / В.О. Пінчук та ін. Київ : ДІА, 2023. 50 с.

Пінчук В.О., Подоба Ю.В. Агроекологічна оцінка енергопотенціалу ґрунтів. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 6. С. 80–90. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.9>

Пінчук В.О., Подоба Ю.В., Тертична О.В. Екологічна оцінка утворення і поведінки зі стоками у тваринництві. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 1. С. 105–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2025.327099>

Подоба Ю.В., Пінчук В.О., Тертична О.В., Мінералов О.І., Дешко В.І. Вміст важких металів у дігестаті з побічної продукції птахівництва. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 65–72. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293755>

Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин : навчальний посібник / І.І. Ібатулін та ін. Київ, 2015. 422 с.

Ребрикова П.А., Шидловська О.А., Жолобак Н.М., Мокроусова О.Р. Біотехнологічні аспекти очищення стічних вод підприємств, що переробляють продукти тваринництва. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. № 24. Вип. 6. С. 42–49. <http://dx.doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-6-7>

Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродиння. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Механізація сільськогосподарського виробництва*. 2015. Вип. 156. С. 649–655. [Електронний ресурс]. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/28207> (дата звернення 05.09.2025).

An Q., Liu Y., Cao X., Yang P., Cheng L., Ghazani M.S., Suota M.J., Bi X. Microwave catalytic pyrolysis of solid digestate for high quality bio-oil and biochar. *Journal of analytical and applied pyrolysis*. 2024. Vol. 182. P. 106683. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2024.106683>

Brandao A., Gonçalves A., Santos J. Circular bioeconomy strategies: From scientific research to commercially viable products. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 295. P. 126407. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126407>

Dadrasnia A., Muñoz I., Yáñez E. Sustainable nutrient recovery from animal manure: A review of current best practice technology and the potential for freeze concentration. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 315. P. 128106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128106>

Grell T., Marchuk S., Williams I., McCabe B.K., Tait S. Resource recovery for environmental management of dilute livestock manure using a solid-liquid separation approach. *Journal of Environmental Management*. 2023. Vol. 325. P. 116254. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116254>

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / eds.: Simon Eggleston et al.; Institute for Global Environmental Strategies (IGES). 2006. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> (дата звернення 05.09.2025).

Kundu D., Dutta D., Samanta P., Dey S., Sherpa K., Kumar S., Dubey B. Valorization of wastewater: A paradigm shift towards circular bioeconomy and sustainability. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 848. P. 157709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157709>

Michael-Kordatou I., Michael C., Duan X. Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. *Water Research*. 2015. Vol. 77. P. 213–248. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.03.011>

Qi G., Zhang B., Tian B., Yang R., Baker A., Wu P., He S. Characterization of Dissolved Organic Matter from Agricultural and Livestock Effluents: Implications for Water Quality Monitoring. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2023. Vol. 20. Iss. 6. P. 5121. <https://doi.org/10.3390/ijerph20065121>

Ruiz Mercado G.J. Designing a safer circular economy of chemicals. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2024. Vol. 26. P. 2415–2417. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02982-0>

Sarwer A., Hamed S., Osman A., Jamil F., Al-Muhtaseb A., Alhajeri N., Rooney D. Algal biomass valorization for biofuel production and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2022. Vol. 20. P. 2797–2851. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01458-1>

Tang J., Li X., Cao C., Lin M., Qiu Q., Xu Y., Ren Y. Compositional variety of dissolved organic matter and its correlation with water quality in peri-urban and urban river watersheds. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 104. P. 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.025>

Tarariko O.H., Cruse R.M., Iliencko T.V., Kuchma T.L., Kozlova A.O., Andereiev A.A., Yatsiuk V.M., Velychko V.A. Impact of climate changes on aggroresources of Ukrainian Polissia based on geospatial data. *Agricultural Science and Practice*. 2024. Vol. 11. № 2. P. 3–29. <https://doi.org/10.15407/agrisp11.02.003>

Tom A.P., Jayakumar J.S., Biju M., Somarajan J., Ibrahim M.A. Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability : A review. *Energy Nexus*. 2021. Vol. 4. P. 100022. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>

Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990–2021: annual national inventory report for submission under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol / Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, Budget Institution “National Center for GHG Emission Inventory”. Kyiv, 2023. 568 p. [Електронний ресурс]. URL: <https://unfccc.int/documents/628276> (дата звернення 05.09.2025).

Williams C.J., Frost P.C., Morales-Williams A.M., Larson J.H., Richardson W.B., Chiandet A.S., Xenopoulos M.A. Human activities cause distinct dissolved organic matter composition across freshwater ecosystems. *Glob. Chang. Biol*. 2016. Vol. 22. Iss. 2. P. 613–626. <https://doi.org/10.1111/gcb.13094>

## References

Zakharenko, M.O. (ed.). (2015). *Biotehnohohiya vidkhodiv tvarynnyts'kykh pidpryyemstv: monohrafiya* [Biotechnology of livestock waste: monograph]. Kyiv: Publishing Department of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine [Electronic resource] URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/19557.pdf> (access date 05.09.2025) [in Ukrainian].

Voitenko, L. (ed.). (2009). *Vyrobnytstvo orhanichnykh dobryv. Naukovo-metodychni rekomendatsiyi* [Production of organic fertilizers. Scientific-methodical recommendations]. Kyiv: Publishing Department of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine [Electronic resource] URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u158/virobnorgdobr\\_2009.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u158/virobnorgdobr_2009.pdf) (access date 05.09.2025) [in Ukrainian].

Pinchuk, V.O. (ed.). (2023). *Ekolohichno bezpechni tekhnolohiyi pererobky pobichnoyi produktsiyi tvarynnoho pokhodzhennya z otrymannyam orhanichnoho dobryva. Naukovo-metodychni rekomendatsiyi* [Environmentally safe technologies for processing of animal by-products to obtain organic fertilizers. Scientific and methodological recommendations]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

Pinchuk, V.O., & Podoba, Y.V. (2023). Ahroekolohichna otsinka enerhopotentsialu gruntiv [Agroecological assessment of energy potential of soils]. *Ukrayins'kyu zhurnal pryrodnychuykh nauk [Ukrainian Journal of Natural Sciences]*, 6, 80–90. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.9> [in Ukrainian].

Pinchuk, V.O., Podoba, Y.V., & Tertychna, O.V. (2025). *Ekolohichna otsinka utvorennya i povodzhennya zi stokamy u tvarynnyts'tvi* [Environmental assessment of the formation and management

of effluents in livestock]. *Ahroekologichnyy zhurnal [Agroecological Journal]*, 1, 105–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2025.327099> [in Ukrainian].

Podoba, Y. (ed.). (2023). Vmist vazhkykh metaliv u dihestati z pobichnoyi produktsiyi ptakh-ivnytstva [Content of heavy metals in the digestate from poultry by-products]. *Ahroekologichnyy zhurnal [Agroecological Journal]*, 4, 65–72. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293755> [in Ukrainian].

Ibatullin, I.I. (ed.). (2015). Praktykum z hodivli sil's'kohospodars'kykh tvaryn: navchal'nyy posibnyk [Workshop on feeding farm animals: a study guide]. Kyiv [in Ukrainian].

Rebrikova, P.A. (ed.). (2018). Biotekhnologichni aspekty ochyshchennya stichnykh vod pid-pryyemstv, shcho pereroblyayut' produkty tvarynnytstva [Biotechnological aspects of wastewater treatment of enterprises processing livestock products]. *Naukovi pratsi NUKHT [Scientific works of the NUCT]*, 24(6), 42–49. <http://dx.doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-6-7> [in Ukrainian].

Sklyar, O.G., & Sklyar, R.V. (2015). Analiz tekhnolohiy pidhotovky zalyshkiv pislya anaerobnoho brodinnya [Analysis of technologies for preparing residues after anaerobic fermentation]. *Visnyk Kharkivskoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva [Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture]*, 156, 649–655. [Electronic resource] URL: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/28207> (access date 05.09.2025) [in Ukrainian].

An, Q. (ed.). (2024). Microwave catalytic pyrolysis of solid digestate for high quality bio-oil and biochar. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 182, 106683. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2024.106683> [in English].

Brandao, A., Gonçalves, A., & Santos, J. (2021). Circular bioeconomy strategies: From scientific research to commercially viable products. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126407. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126407> [in English].

Dadrasnia, A., Muñoz, I., & Yáñez, E. (2021). Sustainable nutrient recovery from animal manure: A review of current best practice technology and the potential for freeze concentration. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128106> [in English].

Grell, T. (ed.). (2023). Resource recovery for environmental management of dilute livestock manure using a solid-liquid separation approach. *Journal of Environmental Management*, 325, 116254. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116254> [in English].

Eggelston, S. (ed.). (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [in English].

Kundu, D. (ed.). (2022). Valorization of wastewater: A paradigm shift towards circular bioeconomy and sustainability. *Science of The Total Environment*, 848, 157709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157709> [in English].

Michael-Kordatou, I., Michael, C., & Duan, X. (2015). Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. *Water Research*, 77, 213–248. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.03.011> [in English].

Qi, G. (ed.). (2023). Characterization of Dissolved Organic Matter from Agricultural and Livestock Effluents: Implications for Water Quality Monitoring. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20(6), 5121. <https://doi.org/10.3390/ijerph20065121> [in English].

Ruiz Mercado, G.J. (2024). Designing a safer circular economy of chemicals. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26, 2415–2417. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02982-0> [in English].

Sarwer, A. (ed.). (2022). Algal biomass valorization for biofuel production and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2797–2851. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01458-1> [in English].

Tang, J. (ed.). (2019). Compositional variety of dissolved organic matter and its correlation with water quality in peri-urban and urban river watersheds. *Ecol. Indic.*, 104, 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.025> [in English].

Tarariko, O.H. (ed.). (2024). Impact of climate changes on agrosources of Ukrainian Polissia based on geospatial data. *Agricultural Science and Practice*, 11(2), 3–29. <https://doi.org/10.15407/agrisp11.02.003> [in English].

Tom, A.P. (ed.). (2021). Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, 4, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022> [in English].

Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, Budget Institution “National Center for GHG Emission Inventory” (2023). Ukraine’s Greenhouse gas inventory 1990–2021: annual national inventory report for submission under the United Nations framework

convention on climate change and the Kyoto protocol. Kyiv [Electronic resource] URL: <https://unfccc.int/documents/628276> (access date 05.09.2025) [in English].

Williams, C.J. (ed.). (2016). Human activities cause distinct dissolved organic matter composition across freshwater ecosystems. *Glob. Chang. Biol.*, 22(2), 613–626. <https://doi.org/10.1111/gcb.13094> [in English].

Отримано: 26.09.2025  
Прийнято: 11.11.2025  
Опубліковано: 30.12.2025

