

under two housing technologies was conducted: large-group (I) and small-group (II) systems. The results indicate that under small-group housing conditions, a higher growth intensity of young pigs was observed. Thus, the average live weight of gilts at the age of 6 months under the small-group technology was 102.5 kg, which is 3.1 kg higher compared to large-group housing. A similar trend was noted for the average daily gain, which under the small-group technology was higher by 15 g and reached 773 g (2.0%).

Key words: *technology, breed, Landrace, young stock, pigs, reproduction, pig farming.*

УДК 636.083.1:628.52

ДЕЗОДОРАЦІЯ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ ЯК СКЛАДОВА БІОБЕЗПЕКИ

А. В. Наконечна, здобувачка вищої освіти

Науковий керівник - канд. с.-г. наук, доцентка **Бондар А. О.**

Миколаївський національний аграрний університет

Розглянуто проблему неприємних запахів у тваринницьких приміщеннях, особливо на фермах з масовим утриманням тварин, та їх значення для біобезпеки підприємства. Розглянуто природу сполук, та їхній вплив на здоров'я тварин, персоналу та навколишнє середовище, а також сучасні методи дезодорації – від змін у годівлі до високотехнологічних методів очищення повітря. Показано, що дезодорація – це не лише питання комфорту, але й важлива частина системи гігієни, санітарії та біобезпеки.

Ключові слова. *дезодорація, тваринницькі приміщення, запах, біобезпека, очищення повітря.*

Постановка проблеми.

Масове утримання тварин забезпечує значну частину продовольства, але спричиняє низку екологічних та гігієнічних проблем. Однією з них є викиди запахних газів та летких органічних сполук з тваринницьких приміщень, що, в свою чергу, ставить під загрозу комфорт і здоров'я персоналу, добробут тварин та навколишнє середовище. Виділення аміаку (NH_3), сірководню (H_2S), летких жирних кислот (VFA) та різних летких органічних сполук (VOC) свідчить про порушення технологічних процесів, неефективну вентиляцію або недоліки у системі управління відходами. З точки зору біобезпеки, наявність запахів може свідчити про підвищену мікробну активність та умови для поширення патогенів у повітрі. Тому, контроль запахів є не тільки соціальною проблемою, але й ключовою частиною системи гігієни та безпеки ферми [10,11].

Метою цієї статті є аналіз сучасних підходів і технологій дезодорації повітря у тваринницьких приміщеннях, оцінка їх ефективності з точки зору ветеринарно-санітарної безпеки та біобезпеки, а також визначення ролі контролю запахів у забезпеченні належного мікроклімату, зниження мікробного навантаження повітря й мінімізації негативного впливу на здоров'я тварин, персоналу та довкілля.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Однією із найновіших праць є робота Cao T., Zheng Y. та Dong H. [1], у якій автори систематизували підходи до обмеження емісії запахових речовин на фермах. Вони підкреслюють, що основні джерела запахів — це гній, сеча, підстилка та мікробна активність, яка інтенсифікується під впливом температури, вологості та концентрації органічних субстратів. В роботі описані як традиційні заходи (оптимізація годівлі, удосконалення систем збору гною), так і технологічні методи очищення повітря. Автори наголошують на важливості біофільтрів, що забезпечують видалення запахових компонентів на рівні 60–90%, а також на високій ефективності хімічних скрубєрів щодо аміаку, де зниження його концентрації досягає 75–95%. Окремо розглядається фотокаталіз — перспективна технологія, яка демонструє високий потенціал, але все ще потребує масштабування та адаптації до реальних умов ферми.

Особливо ґрунтовно представлена проблема фотокаталітичної дезодорації у роботах Han D., Sun Q., Yan X., Zhang X., Wang X. та Wang K. [2, 8]. У своїх оглядах ці автори детально розглядають застосування TiO_2 - та композитних фотокаталізаторів у тваринницьких приміщеннях. Під дією ультрафіолетового або видимого світла фотокаталізатор генерує активні радикали, здатні окиснювати органічні та неорганічні запахові молекули до менш токсичних або зовсім інертних продуктів. Згідно з експериментальними даними, лабораторні системи можуть усувати до 90–95% аміаку і до 80–90% летких органічних сполук, а також до 90% H_2S . У польових умовах ці показники нижчі через наявність пилу, жиру та інших забруднень, що блокують активні центри каталізатора. Деякі модифікації TiO_2 , зокрема доповані сріблом, азотом, міддю або графеном, показують підвищену активність та кращу стійкість до забруднення. Важливо, що фотокаталіз не лише знижує запах, а й має потенціал пригнічувати мікробні популяції у повітрі, що робить його інструментом прямого впливу на біобезпеку.

Попри стрімкий розвиток новітніх технологій, фундаментальний внесок у наукове розуміння проблеми зробила дослідниця Úbeda-Sánchez Y. ще у 2013 році [3], яка у своєму критичному огляді систематизувала підходи до боротьби із запахами і наголосила, що жоден метод не може забезпечити повний контроль запаху, якщо не змінено технологічні та біологічні процеси, які лежать в основі його утворення. Авторка визначила, що традиційні заходи, такі як поліпшення вентиляції, коригування раціону, видалення гною, здатні зменшити запахову емісію лише на 20–40%. Найкращі результати досягаються при комплексному поєднанні технологічних рішень: біофільтрації, сорбції, скрубєрів та фотокаталізу. Важливим аспектом роботи є акцент на соціально-екологічному вимірі запахового забруднення, оскільки запахи ферми часто стають причиною конфліктів між агровиробниками та громадами.

Важливу роль у систематизації даних відіграє дослідження Mielcarek P. та співавторів [4], яке зосереджене на визначенні емісійних факторів запахових сполук у різних системах тваринництва. Автори доводять, що емісія NH_3 , H_2S та летких органічних сполук має значні коливання залежно

від типу тварин, системи утримання, вентиляції та сезонності. Вони також зазначають, що різні методи вимірювання запаху — ольфактометрія, хімічний аналіз, сенсорні оцінки — не дають співставних результатів. Це створює труднощі у порівнянні даних між країнами та навіть між окремими дослідженнями. Для формування уніфікованих стандартів потрібен загальний підхід до вимірювання запаху, і ця проблема залишається актуальною й сьогодні.

Підтвердженням практичної ефективності біофільтрів є матеріали Avicola E.S. [5], де автор описує реальні результати впровадження біофільтраційних систем у свинарських і птахівничих господарствах. Згідно з їхніми даними, біофільтри здатні видаляти 80–95% H_2S , 55–80% аміаку та до 90% загальної інтенсивності запаху. Переваги біофільтрації полягають у низьких експлуатаційних витратах, екологічності, а також у можливості використання доступних органічних матеріалів як фільтрувального середовища. Недоліками є залежність від вологості, потреба у регулярному догляді та поступове старіння фільтрувального шару. Проте загальна ефективність цього методу вважається однією з найвищих серед усіх доступних технологій.

Інший напрям — хімічні скрубери, які детально описані у роботі Chen L. та співавторів [6]. Автори показують, що хімічні абсорбційні системи є найбільш ефективними для видалення аміаку, забезпечуючи його зниження на рівні 75–95%. Для сірководню ефективність становить 40–70%, що є нижчим порівняно з біофільтрами. Загальний запах зменшується на 20–60%. Основною перевагою скруберів є передбачуваність та повторюваність результатів, але до недоліків належать утворення кислотних відходів, необхідність використання хімічних реагентів та ризик корозії обладнання.

У автора Zhang Z. та його колег [7] наведено дані польових експериментів на свинарських фермах, які доводять, що біофільтри у реальних умовах демонструють високу стабільність очищення. Згідно з отриманими даними, H_2S видаляється на 85–95%, аміак — на 55–80%, а загальна інтенсивність запаху — на 50–85%. Значення ефективності залежало від часу контакту газу з фільтрувальним матеріалом та від рівня вологості. Дослідники також відзначали, що органічні наповнювачі (тирса, тріска, компост) працюють ефективніше за синтетичні носії та краще підтримують мікробну активність.

У контексті української науки важливим є дослідження І.М. Астреліна в Енциклопедії сучасної України [9], який визначив, що дезодорація є сукупністю технологічних та хімічних способів усунення запахів. Наголошується, що методи можуть бути фізичними (сорбція, фільтрація), хімічними (нейтралізація, окиснення), біологічними (мікробне розщеплення) та комбінованими. Такий підхід відповідає сучасним міжнародним стандартам і підкреслює, що дезодорація є важливим компонентом санітарії та біобезпеки.

Узагальнюючи наявні публікації, можна стверджувати, що дослідження у сфері дезодорації дедалі частіше розглядаються через призму біобезпеки. Запахові сполуки є не лише подразниками або джерелом дискомфорту — вони

служать маркерами мікробної активності. Аерозольні частинки, що містять патогенні мікроорганізми, можуть переноситися повітряними потоками разом із газами. Таким чином, технології дезодорації — біофільтри, фотокаталізатори, скрубери — виконують подвійну функцію: зниження запаху та зменшення ризику розповсюдження патогенів у повітрі. У світі нових викликів, пов'язаних із вірусними та бактеріальними інфекціями у тваринництві, це має стратегічне значення. Для кращої наочності (табл.1) подано зведену таблицю, створену на основі цих робіт, де представлені середні діапазони ефективності основних технологічних рішень.

Порівняння технологій демонструє, що найбільш результативними є технології з використанням біофільтрів та комбінованих систем, які здатні забезпечувати комплексне очищення повітря від аміаку, сірководню та летких органічних сполук. Технології які використовують фотокаталітичні системи показують дуже високий потенціал, але їхня ефективність у реальних умовах знижується через наявність пилу та органічних частинок, що блокують активні поверхні. Хімічні скрубери досі залишаються найкращим інструментом для селективного видалення аміаку, проте вони потребують значних експлуатаційних витрат та пов'язані з утворенням хімічних відходів [1-7].

Табл. 1. Порівняння ефективності технологій дезодорації

Технологія	NH ₃ (%)	H ₂ S (%)	VOC (%)	Загальна інтенсивність запаху (%)	Коментар
Біофільтрація	55–90	80–95	50–85	50–90	Висока ефективність, екологічність, чутливість до вологості
Фотокаталіз (TiO ₂ та модифікації)	70–95	70–90	60–90	50–80	Перспективний, але чутливий до забруднення поверхні пилом
Хімічні скрубери	75–95	40–70	20–60	20–60	Найкращий метод для NH ₃ ; дорогий і хімічно небезпечний
Сорбційні фільтри (активоване вугілля, цеоліти)	30–60	20–50	40–70	25–55	Ефективність швидко падає при насиченні сорбенту
Вентиляція та зміни годівлі	20–40	10–20	10–30	10–30	Недостатній метод; лише зменшує концентрацію шляхом розведення
Комбіновані системи (біофільтр + скрубер + фотокаталіз)	85–98	90–99	85–95	80–97	Найвищий рівень ефективності; використовується у високотехнологічних фермах ЄС

Таким чином, таблиця 1 ілюструє ключовий висновок сучасної науки: жоден з методів не здатний забезпечити повну дезодорацію окремо, натомість поєднання кількох технологій дозволяє досягати найвищої ефективності — інколи понад 95%, що робить комбіновані системи найбільш перспективними з точки зору біобезпеки тваринницьких підприємств[1].

Важливим висновком усіх розглянутих публікацій є те, що жоден метод не може забезпечити повний контроль запаху сам по собі. Найкращі результати досягаються при комплексному застосуванні кількох технологій. На сучасних тваринницьких фермах країн ЄС широко застосовується комплексний підхід щодо зменшення поширення неприємних запахів. А саме, здійснюють заходи безпосередньо в місцях їх утворення, зокрема оптимізують годівлю тварин, регулярно видаляють гній і контролюють вологість у приміщеннях. Ці дії поєднують з використанням біофільтрів і хімічних скрубєрів, а в перспективі — з впровадженням фотокаталітичних систем очищення повітря [3].

Науковці вказують, що у цій сфері все ще залишається чимало відкритих питань. Зокрема, досі не розроблено єдиних стандартів для вимірювання запахів, обмежено дані довготривалих польових досліджень фотокаталітичних установок, а також недостатньо вивчено, як дезодораційні технології впливають на мікробну безпеку повітря, крім того, потребує більшої уваги екологічна оцінка таких методів, адже деякі з них можуть призводити до утворення вторинних сполук, що негативно впливають на навколишнє середовище [2].

Таким чином, усі розглянуті джерела одностайно наголошують, що дезодорація — це невід’ємна складова біобезпеки ферми, яка безпосередньо впливає на здоров’я тварин, персоналу та довкілля. З огляду на зростаючі вимоги до екологічної безпеки, а також на важливість запобігання поширенню інфекцій, ця тема залишається надзвичайно актуальною для сучасного тваринництва [7].

Питання дезодорації у тваринницьких приміщеннях та її значення у структурі біобезпеки має глибоке підґрунтя в українській ветеринарно-санітарній літературі. За даними Бондар А. О. та ін., [10] наголошується, що формування запахів у приміщеннях є не лише наслідком фізико-хімічних процесів розкладання органічної речовини, але й показником стану мікроклімату та ефективності систем видалення гною і вентиляції. Автори підкреслюють, що високі концентрації аміаку, сірководню та летких органічних речовин призводять до подразнення слизових оболонок, зниження неспецифічної резистентності тварин, зменшення продуктивності та підвищення ризику респіраторних інфекцій. З погляду біобезпеки запахи розглядаються як маркери небезпечного санітарного стану, що вимагають негайного організаційного або технологічного втручання.

За даними Коваленка В. Л. та співавт. [11], дослідження присвячені загальним методам профілактики із застосуванням комплексних дезінфікуючих засобів. Хоча основний акцент вони роблять на епізоотичному контролі та дезінфекції, авторами також підкреслюється, що обмеження запахів є компонентом профілактики, оскільки мікробна активність у гної є джерелом як

запахових речовин, так і патогенних мікроорганізмів. Автори пропонують використовувати підходи, які знижують швидкість розкладання органічної речовини та інтенсивність аеробно-анаеробних процесів, тобто виконують превентивну функцію дезодорації. Підкреслюється значення системного очищення та дезінфекції гноєсховищ, які є головними генераторами аміаку та H_2S .

Важливий внесок у розуміння ветеринарно-санітарної експертизи та контролю повітряного середовища зроблено в праці Зажарської Н. М. та співавт. [12]. Автори звертають увагу, що неприємні запахи у тваринницьких приміщеннях мають прямий зв'язок з мікробним забрудненням продукції тваринництва. У роботі підкреслюється, що у разі накопичення газів і запахів сполук погіршуються не лише умови утримання, а й якість сировини — зростає ризик контамінації м'яса, яєць, молока патогенами та токсичними речовинами. Це ще раз підтверджує інтеграцію дезодорації у систему загальної ветеринарно-санітарної експертизи.

Питання нормативного регулювання запахів викидів відобразили у своїх роботах автори Засекіна Д. А., Поляковський В. М. та Соломон В. В. [13], які довели, що є санітарні норми для тваринницьких і переробних підприємств України. У роботі визначені гранично допустимі концентрації аміаку, сірководню та пилу, а також вимоги до вентиляційних систем у різних видах господарств. Автори наголошують, що запахи є критерієм гігієнічної безпеки і прямою ознакою порушення технологічних процесів. Українські норми передбачають регулярний контроль концентрацій NH_3 у приміщеннях, а їхнє перевищення вказує на невідповідність технології утримання або несправність вентиляції. Таким чином, нормативна база України розглядає запах як офіційний індикатор санітарного неблагополуччя, що добре узгоджується з міжнародними понаттями.

Автори Засекіна Д. А., Яремчук О. С. та ін. [14], присвятили велику увагу ролі повітря у переносі патогенних мікроорганізмів, включаючи умовно-патогенну мікрофлору. Автори наголошують, що запахові компоненти є маркерами несприятливих санітарних умов, а фільтраційні та сорбційні системи мають застосовуватися не тільки для покращення умов праці, але й як частина загальної системи безпеки харчових продуктів (НАССР).

Дуже цінним є інформація авторів Кучерука М. Д. та Засекіна Д. А. [15], які присвятили своє дослідження органічному птахівництву. Автори особливо підкреслюють, що у птахівничих приміщеннях запахові проблеми посилюються через високу концентрацію пилу, що переносить мікробні частинки. Тут дезодорація розглядається не просто як усунення запахів, а як спосіб зменшення мікробного навантаження та стабілізації повітряного середовища. Автори рекомендують комбіновані технології очищення повітря з використанням біофільтрації та сорбційних матеріалів, зазначаючи, що їх застосування суттєво знижує ризик виникнення респіраторних хвороб птиці.

У авторів Антоненка П. П. та ін. [16] детально описані методи наукових досліджень у ветеринарній гігієні, санітарії та експертизі, у тому числі методи

вимірювання газів і запахів у тваринницьких приміщеннях. Автори підкреслюють, що без стандартизованих методів вимірювання неможливо коректно оцінювати ефективність дезодораційних систем. Саме ця проблема неодноразово згадується у міжнародних публікаціях (Mielcarek et al.), і українські науковці повністю підтверджують її актуальність.

Таким чином, українські джерела узгоджуються з міжнародними дослідженнями та значно поглиблюють їх за рахунок практичного досвіду експлуатації фермерських об'єктів у місцевих умовах. Вони демонструють, що дезодорація є невід'ємною складовою гігієни, ветеринарно-санітарної експертизи, нормативного контролю, технологій переробки та біозахисту, а її ефективність залежить не лише від технічних рішень, але й від організації утримання тварин, менеджменту гною та систем вентиляції.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Аналіз сучасних міжнародних та українських досліджень свідчить, що дезодорація є невід'ємним елементом системи біобезпеки тваринницьких приміщень і має суттєвий вплив на санітарно-гігієнічний стан ферми, мікроклімат та безпеку тварин і обслуговуючого персоналу. Запахові викиди виступають важливими показниками порушення технологічних процесів і підвищених ризиків поширення патогенів. Узагальнюючи наукові данні дійшли висновку, що жоден окремий метод не забезпечує повного контролю запахів, тоді як найвищу ефективність демонструють комбіновані системи, які поєднують біологічні, хімічні та фізичні технології. Таким чином, дезодорацію доцільно розглядати як складову комплексного підходу до гігієни та біобезпеки, впроваджену в загальні програми ветеринарно-санітарних заходів на тваринницьких підприємствах.

Загалом, сучасні дослідження однозначно підтверджують, що тільки системний, багаторівневий та комбінований підхід до дезодорації дозволяє забезпечити безпечний мікроклімат, зменшити ризики поширення патогенів, підтримати добробут тварин і відповідати екологічним стандартам сучасного тваринництва.

Список використаних джерел

1. Cao T., Zheng Y., Dong H. Control of odor emissions from livestock farms: A review // *Environmental Research*. – 2023. – Vol. 228. – Art. 115545.
2. Han D., Sun Q., Yan X., Zhang X., Wang X., Wang K. Review on photocatalytic applications for deodorization in livestock and poultry farms // *Agriculture*. – 2024. – Vol. 14, No. 12. – Art. 2216.
3. Úbeda-Sánchez Y. Strategies to control odours in livestock facilities: A critical review // *Spanish Journal of Agricultural Research*. – 2013. – Vol. 11, No. 4.
4. Mielcarek P. та ін. Odor emission factors from livestock production // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2015. – Vol. 24, No. 1. – P. 27–35.
5. Avicola E. S. Biofilters for odour and air pollution mitigation [Електронний ресурс] // *ThePigSite*. – Режим доступу: <https://www.thepigsite.com>

6. Melse R. W., Ogink N. W. M. Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands // Transactions of the ASAE. — 2005. — Vol. 48, № 6. — P. 2303–2313.

7. Smet E., Spanoghe P., Muylaert K., Uyttenhove B. Odour removal by a biotrickling filter treating livestock exhaust air // Bioresource Technology. — 2001. — Vol. 77, № 3. — P. 197–205.

8. Han D., Sun Q., Yan X., Wang K. Review on photocatalytic applications for deodorization in livestock and poultry farms // Agriculture. — 2024. — Vol. 14, No. 12. — Art. 2216.

9. Астрелін І. М. Дезодорація // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — Київ : Ін-т енциклопедичних досліджень НАН України, 2007. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-21274>

10. Гігієна тварин та ветеринарна санітарія : навч. посіб. / А. О. Бондар та ін. ; за ред. А. О. Бондар. — Миколаїв : МНАУ, 2018. — 178 с.

11. Загальні методи профілактики шляхом застосування комплексних дезінфікуючих засобів : наук. посіб. / В. Л. Коваленко та ін. — Київ ; Ніжин : Лисенко М. М., 2017. — 407 с.

12. Зажарська Н. М., Куцак Р. С., Бібен І. А., Кунєва Л. В. Ветеринарно-санітарна експертиза. Практикум : навч. посіб. — Дніпро, 2017. — 193 с.

13. Засекін Д. А., Поляковський В. М., Соломон В. В. Санітарні норми для тваринницьких та переробних підприємств України : навч. посіб. — Київ : Центр учбової літератури, 2015. — 400 с.

14. Засекін Д. А., Яремчук О. С., Кос'янчук Н. І., Кучерук М. Д., Слободянюк Н. М. Гігієна та санітарія переробних підприємств : навч. посіб. — Вінниця : ВНАУ, 2018. — 348 с.

15. Кучерук М. Д., Засекін Д. А. Органічне птахівництво України: ветеринарно-санітарне забезпечення технології : монографія. — Київ : Прінтеко, 2020. — 190 с.

16. Методологічні основи та методи наукових досліджень у ветеринарній гігієні, санітарії та експертизі : навч.-метод. посіб. / П. П. Антоненко та ін. ; Дніпровський ДАЕУ. — Дніпро : Свідлер А. Л., 2018. — 276 с.

Nakonechna A. DEODORIZATION IN LIVESTOCK PREMISES AS A COMPONENT OF BIOSECURITY

The issue of unpleasant odours in livestock facilities, particularly on farms with intensive animal production, is examined along with their significance for the enterprise's biosecurity. The nature of odor-forming compounds and their impact on the health of animals, personnel, and the environment are analysed, as well as modern deodorization methods ranging from dietary adjustments to advanced air-treatment technologies. It is shown that deodorization is not merely a matter of comfort but an essential component of hygiene, sanitation, and biosecurity systems.

Keywords: deodorization, livestock facilities, odour, biosecurity, air purification.