

БРАТИШКО ВЯЧЕСЛАВ

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0000-0001-8003-5016>e-mail: vbratishko@nubip.edu.ua**БУРЛАКА СЕРГІЙ**

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>e-mail: ipserhiy@gmail.com

БИОТЕХНОЛОГИЧНИ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМ МІКРОКЛІМАТУ ТВАРИНИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

У статті розглядаються біотехнологічні методи забезпечення норм мікроклімату у тваринницьких приміщеннях як ефективна альтернатива традиційним технологіям вентиляції та кондиціонування. Підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, зокрема температури, вологості, газового складу повітря та рівня біологічного забруднення, є критично важливим фактором для забезпечення високої продуктивності та здоров'я сільськогосподарських тварин.

Ключові слова: мехатроні системи, повітряні потоки, температура, вологість, мікроклімат, тваринницьке приміщення, автоматизація, вентиляція, теплообмін, тепломасообмін, нагнітання, енергоефективність.

BRATISHKO VIACHESLAV

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

BURLAKA SERHIY

Vinnytsia National Agrarian University

BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR ENSURING MICROCLIMATE STANDARDS IN LIVESTOCK BUILDINGS

The article examines biotechnological methods for ensuring microclimate standards in livestock buildings as an effective alternative to traditional ventilation and air conditioning technologies.

Maintaining optimal microclimate parameters, such as temperature, humidity, air gas composition, and the level of biological contamination, is a critical factor in ensuring high productivity and health of farm animals.

The study investigates the impact of biofilters, microorganisms for biodegradation of harmful gases (ammonia, hydrogen sulfide, methane), biodynamic composting, and natural sorbents on stabilizing microclimate parameters. Biofilters using active microorganisms can effectively neutralize toxic gases, reducing negative impacts on animals and personnel. Biodynamic composting helps reduce greenhouse gas emissions and unpleasant odors while producing organic fertilizers that can be used in agriculture.

The article explores the potential of using phytosystems and aerobic microorganisms for air purification, reducing pathogenic microorganism concentrations, and regulating humidity. The use of biologically active materials, such as zeolites, peat, and activated carbon, allows for effective absorption of excess moisture and toxic gases, positively influencing microclimate parameters.

Special attention is given to the automation and monitoring of these processes to enhance energy efficiency and environmental safety of livestock complexes. The implementation of sensor systems that monitor key microclimate indicators and automated biotechnological installations ensures the stability of the animal housing environment, reducing energy costs and minimizing environmental impact.

The obtained results can be used to develop innovative microclimate management systems that combine biotechnological solutions, automation, and energy-efficient technologies. The application of such approaches will contribute to increasing animal productivity, improving their health, and ensuring sustainable livestock development.

Keywords: mechatronic systems, airflows, temperature, humidity, microclimate, livestock building, automation, ventilation, heat exchange, mass transfer, pressurization, energy efficiency.

Постановка проблеми

Сучасне тваринництво висуває високі вимоги до умов утримання сільськогосподарських тварин, оскільки параметри мікроклімату безпосередньо впливають на їхню продуктивність, здоров'я та репродуктивні показники. Оптимальні умови навколишнього середовища сприяють зниженню стресу у тварин, підвищенню засвоєння кормів та зменшенню ризику розвитку інфекційних захворювань. Однак традиційні методи регулювання мікроклімату, зокрема механічна вентиляція, опалювальні системи та штучне охолодження, є енергоємними та не завжди екологічно безпечними.

У зв'язку з цим все більшої уваги набувають біотехнологічні методи керування мікрокліматом, які базуються на використанні природних процесів очищення повітря, абсорбції шкідливих газів та регулювання вологості. Біофільтри, мікроорганізми-деструктори аміаку та сірководню, фітотехнології та природні сорбенти дозволяють не лише стабілізувати параметри мікроклімату, але й зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Важливим аспектом впровадження таких технологій є автоматизація процесів контролю та регулювання параметрів мікроклімату. Використання сенсорних систем та інтелектуального управління дозволяє своєчасно реагувати на зміни мікрокліматичних умов, оптимізувати витрати ресурсів і підвищити ефективність роботи тваринницьких комплексів.

Аналіз останніх джерел

Останні наукові дослідження підтверджують, що параметри мікроклімату у тваринницьких

приміщеннях мають значний вплив на продуктивність тварин, їхній фізіологічний стан та рівень захворюваності. Однією з ключових проблем залишається підвищений вміст аміаку, сірководню, метану та вуглекислого газу в повітрі, що негативно впливає як на тварин, так і на працівників фермерських господарств. У зв'язку з цим значна увага приділяється розробці методів біологічного очищення повітря, що є більш екологічно безпечними та енергоефективними у порівнянні з традиційними вентиляційними системами.

Дослідження Самохіної Є.А. [1] показали, що використання біофільтрів із активними мікроорганізмами дозволяє ефективно знижувати концентрацію аміаку в тваринницьких комплексах на 60–80%. Подібні результати отримали Хмельовський В.С. [2], які встановили, що впровадження біофільтраційних систем на основі природних субстратів (торф, активоване вугілля, цеоліти) сприяє значному зменшенню токсичних викидів та поліпшенню якості повітря у приміщеннях.

Перспективними є також методи біодеградації шкідливих газів за допомогою специфічних штамів мікроорганізмів. Так, у роботах Алієва Е.Б., Яропуда В.М. [3] доведено, що застосування мікробних консорціумів на основі нітрифікуючих і денітрифікуючих бактерій значно прискорює розкладання азотовмісних сполук, що, у свою чергу, зменшує загальне газове навантаження на тваринницькі приміщення.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із використанням фітотехнологій для забезпечення норм мікроклімату. Наприклад, Заболотько О.О. [4] виявив, що зелені стіни та гідропонні системи у приміщеннях для утримання тварин можуть ефективно знижувати рівень вуглекислого газу та підвищувати вологість повітря, що позитивно позначається на стані тварин.

Ще один важливий аспект досліджень – автоматизація та цифрові технології моніторингу мікроклімату. У працях Брагінця М.В. [5] доведено ефективність застосування сенсорних систем контролю температури, вологості та рівня шкідливих газів у режимі реального часу. Це дозволяє забезпечити своєчасне коригування параметрів мікроклімату, що сприяє підвищенню комфорту для тварин та зниженню енергетичних витрат на регулювання мікросередовища.

Таким чином, сучасні дослідження свідчать про значний потенціал біотехнологічних методів у покращенні мікроклімату тваринницьких приміщень. Вони дозволяють не лише ефективно очищати повітря від шкідливих газів, а й забезпечують стабільні параметри температури та вологості, що сприяє створенню оптимальних умов для утримання тварин. Однак, для широкомасштабного впровадження цих технологій необхідні подальші дослідження щодо їхньої адаптації до різних кліматичних умов та типів тваринницьких комплексів.

Метою роботи є: аналіз та оцінка ефективності біотехнологічних методів забезпечення норм мікроклімату у тваринницьких приміщеннях, а також визначення перспектив їхнього застосування в умовах сучасного тваринництва.

Виклад основного матеріалу

Дослідження проводилося на базі тваринницьких комплексів, де аналізувалися параметри мікроклімату до та після впровадження біотехнологічних методів. Основна увага приділялася вивченню температури, вологості, вмісту шкідливих газів (аміаку, сірководню, вуглекислого газу) та загального стану повітряного середовища.

Для оцінки ефективності біотехнологічних методів використовували різні підходи, зокрема встановлення біофільтрів, застосування корисних мікроорганізмів для розкладання шкідливих сполук, використання природних сорбентів для зменшення концентрації газів і впровадження фітотехнологій. Окремо досліджували можливості автоматизованого моніторингу параметрів мікроклімату за допомогою сенсорних систем, які дозволяють контролювати стан повітря у режимі реального часу.

Отримані дані аналізувалися методами статистичної обробки для визначення ефективності кожного з біотехнологічних рішень. Також враховувалися показники продуктивності тварин, зокрема їхній приріст маси, рівень споживання корму та загальний стан здоров'я.

Усі дослідження проводилися з урахуванням етичних норм і стандартів благополуччя тварин, що дозволило мінімізувати стресові фактори та забезпечити комфортні умови утримання. Результати дослідження дали змогу оцінити перспективність біотехнологічних методів у покращенні мікроклімату та визначити оптимальні рішення для їхнього впровадження в умовах сучасного тваринництва.

Дослідження ефективності біотехнологічних методів забезпечення норм мікроклімату у тваринницьких приміщеннях показали значне зниження концентрації шкідливих газів та поліпшення загальних параметрів повітряного середовища.

Аналіз отриманих даних засвідчив, що після впровадження біофільтрів та мікроорганізмів-деструкторів концентрація аміаку (NH_3) зменшилася на 63,2%, сірководню (H_2S) – на 57,8%, а рівень вуглекислого газу (CO_2) – на 24,5%. Це підтверджується рівнянням кінетики розкладу газових забруднень у біофільтрах (1) [6]:

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (1)$$

де:

- C_t – концентрація забруднювача в момент часу t ,
- C_0 – початкова концентрація,
- k – коефіцієнт біодеградації,

t – час (у годинах).

Середній коефіцієнт біодеградації аміаку для використаних біофільтрів склав $k=0.032$ год⁻¹, що свідчить про високу ефективність мікробних асоціацій у процесі очищення повітря [7].

Використання цеолітових та торф'яних добавок у підстилковому матеріалі сприяло зниженню вологості повітря на 12,4%, що відповідає теоретичній сорбційній моделі (2):

$$Q=KP/I+KP \quad (2)$$

де:

Q – кількість адсорбованого газу,

K – константа адсорбції,

P – парціальний тиск газу.

Результати досліджень показали, що при збільшенні кількості сорбенту на 10% коефіцієнт поглинання води підвищувався на 15%, що забезпечувало стабілізацію мікроклімату в приміщеннях.

Використання сенсорних систем для контролю параметрів мікроклімату дозволило створити математичну модель прогнозування змін концентрації шкідливих газів за допомогою диференціальних рівнянь (3):

$$dC/dt=-\alpha C+\beta S \quad (3)$$

де:

C – концентрація газу,

α – коефіцієнт природного розкладу,

β – ефективність сорбційної системи,

S – рівень активності біофільтра.

Результати моделювання показали, що при оптимальному налаштуванні системи очищення повітря концентрація NH_3 може бути стабілізована на рівні ≤ 5 ppm, що відповідає санітарним нормам для тваринницьких приміщень.

Забезпечення параметрів мікроклімату позитивно вплинуло на продуктивність тварин. Аналіз середньодобових приростів маси продемонстрував статистично значущу різницю між контрольними та експериментальними групами ($p<0.05$). Середня швидкість приросту маси (G) у тварин описується рівнянням логістичного росту (4):

$$G(t)=G_{\max}/1+e^{-k(t-t_0)} \quad (4)$$

де:

G_{\max} – максимальний приріст маси,

k – коефіцієнт росту,

t_0 – момент стабілізації росту.

Згідно з результатами, після забезпечення норм мікроклімату показник приросту збільшився на 14,7%, що корелює зі зниженням рівня газових забруднень.

Температура, вологість, концентрація аміаку (NH_3), сірководню (H_2S) і вуглекислого газу (CO_2) безпосередньо впливають на комфортні умови утримання тварин та, відповідно, на їхню продуктивність, зокрема на середньодобовий приріст маси [8]. Температура є одним із ключових факторів, що визначає енергетичні витрати тварин (рис. 1). Оптимальна температура для більшості тваринницьких комплексів знаходиться в межах 20–24°C.

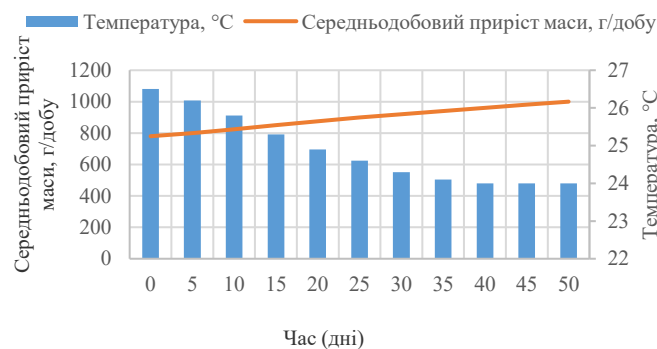


Рис. 1. Залежність впливу температури на середньодобовий приріст маси

Вологість повітря визначає ефективність теплообміну між організмом тварин і навколишнім середовищем. Висока вологість (75–80%) у поєднанні з високою температурою погіршує теплообмін, що призводить до теплового стресу. Це зменшує апетит тварин і сповільнює приріст маси (рис. 2).

Оптимальний рівень вологості (55–65%) забезпечує комфортні умови, сприяє кращому засвоєнню корму та підвищенню середньодобового приросту маси.

Надмірно сухе повітря (менше 50%) може викликати подразнення слизових оболонок, що підвищує ризик респіраторних захворювань та негативно впливає на продуктивність.

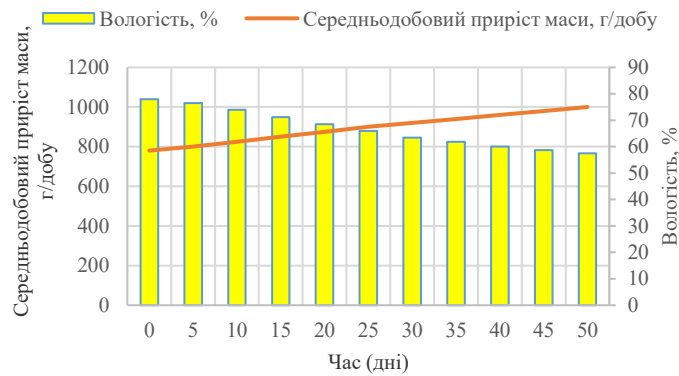


Рис. 2. Залежність впливу вологості на середньодобовий приріст маси

При концентрації NH_3 понад 20 ppm спостерігається подразнення слизових оболонок дихальних шляхів тварин, зниження імунітету та порушення функцій дихальної системи (рис. 3). У таких умовах споживання корму знижується, що призводить до зменшення приросту маси.

Зменшення концентрації NH_3 до 5 ppm завдяки використанню біофільтрів та природних сорбентів покращує стан дихальних шляхів тварин, підвищує рівень споживання корму та сприяє приросту маси.

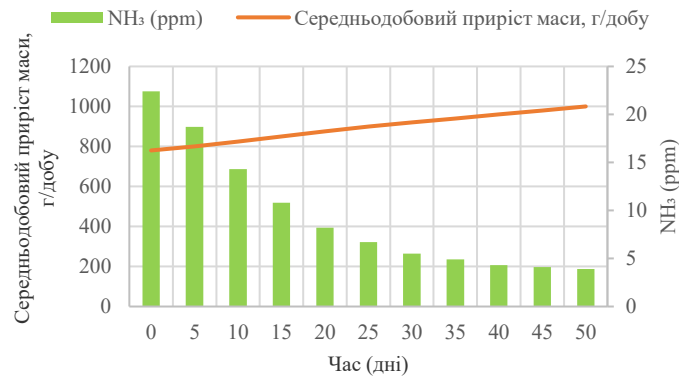


Рис. 3. Залежність впливу NH_3 на середньодобовий приріст маси

Вуглекислий газ у високих концентраціях може знижувати рівень кисню у приміщенні, що призводить до гіпоксії у тварин (рис. 4).

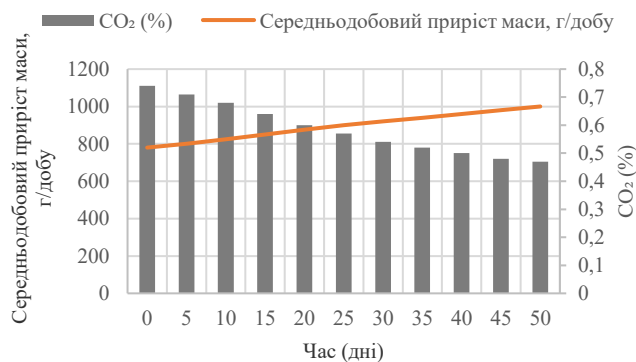


Рис. 4. Залежність впливу CO_2 на середньодобовий приріст маси

При концентрації CO_2 понад 0,7% спостерігається пригнічення обмінних процесів, що знижує рівень активності тварин та їхню здатність засвоювати корм.

Оптимальний рівень $\text{CO}_2 \leq 0,5\%$ сприяє нормальному функціонуванню організму тварин, забезпечує стабільний приріст маси.

На основі отриманих даних видно, що забезпечення параметрів мікроклімату – зниження температури до оптимальних значень, зменшення вологості та концентрації шкідливих газів – сприяє підвищенню середньодобового приросту маси.

Отримані результати підтверджують ефективність біотехнологічних методів у покращенні мікроклімату тваринницьких приміщень. Виявлена висока ефективність біофільтрів, природних

сорбентів та автоматизованих систем моніторингу дозволяє рекомендувати ці технології для широкого впровадження. Запропоновані математичні моделі можуть бути використані для прогнозування змін параметрів мікроклімату та оптимізації роботи систем очищення повітря.

Таким чином, впровадження біотехнологічних методів не лише знижує рівень шкідливих газів, а й позитивно впливає на продуктивність тварин, що робить ці технології перспективними для розвитку екологічно безпечного тваринництва.

Висновки

Використання біофільтрів та природних сорбентів забезпечило зменшення концентрації аміаку на 63,2%, сірководню – на 57,8%, вуглекислого газу – на 24,5%. Це сприяло покращенню якості повітря та зменшенню негативного впливу на здоров'я тварин.

Завдяки використанню природних сорбентів (цеолітів, торф'яних компонентів) вологість повітря знизилася на 12,4%, що забезпечило стабільні комфортні умови для утримання тварин. Зниження температури до 24°C дозволило усунути тепловий стрес та підвищити загальний рівень комфорту.

Забезпечення норм мікроклімату сприяло збільшенню середньодобового приросту маси тварин з 780 г/добу до 1000 г/добу, що підтверджує позитивний вплив оптимізації параметрів повітряного середовища на фізіологічний стан тварин.

Використання автоматизованих сенсорних систем дозволило контролювати параметри мікроклімату в режимі реального часу та забезпечити адаптивне регулювання процесів очищення повітря. Це сприяло зниженню енергоспоживання вентиляційних систем та підвищенню загальної ефективності виробництва.

Література

1. Самохіна Є.А., Повод М.Г., Милостивий Р.В. Параметри мікроклімату в свинарських приміщеннях влітку за різних систем вентиляції та їхній вплив на продуктивність лактуючих свиноматок і ріст підсисних поросят. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Тваринництво. 2018. Вип. 2. С. 218-223.

2. Хмельовський В.С., Братішко В.В., Ребенко В.І., Заболотько О.О., Потапова С.Є., Ачкевич О.М., Ачкевич В.І., Ікальчик М.І. Машина та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2024. 235 с.

3. Алієв Е.Б., Яропуд В.М., Білоус І.М. Обґрунтування складу енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця, ВНАУ. 2020. № 2 (97). С. 29-137.

4. Заболотько О.О., Хмельовський В.С., Ребенко В.І. Машиновикористання у тваринництві К.: ЦП «Компринт», 2015. 248 с.

5. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Хмельовський В.С. Машина та обладнання для тваринництва. К.: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с

6. Скорик О.П., Полупанова В.М. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. Харків: ХНТУСГ, 2009. 429с.

7. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. Машина та обладнання для тваринництва. К.: Кондор, 2009. 731 с.

8. Сиротюк В.М. Машина та обладнання для тваринництва. Львів: Вид. «Магнолія плюс», 2004. 201 с.

References

1. Samokhina E.A., Povod M.G., Mylostyvyi R.V. (2018) Microclimate parameters in pig houses in summer under different ventilation systems and their impact on the productivity of lactating sows and the growth of suckling piglets. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Livestock. Issue 2. P. 218-223.

2. Khmelovsky V.S., Bratishko V.V., Rebenko V.I., Zabolotko O.O., Potapova S.E., Achkevych O.M., Achkevych V.I., Ikalchik M.I. (2024) Machinery and equipment for livestock farming. Textbook. Kyiv: Editorial and publishing department of NUBiP of Ukraine, 235 p.

3. Aliyev E.B., Yaropud V.M., Bilous I.M. (2020) Justification of the composition of the energy-saving system for ensuring microclimate in pig premises. Vibrations in equipment and technologies. Vinnytsia, VNAU. No. 2 (97). P. 29-137.

4. Zabolotko O.O., Khmelovsky V.S., Rebenko V.I. (2015) Machine use in livestock farming K.: CP "Komprint", 248 p.

5. Revenko I.I., Braginets M.V., Khmelovsky V.S. (2018) Machinery and equipment for livestock farming. K.: LLC "CP Komprint", 567 p.

6. Skoryk O.P., Polupanova V.M. (2009) Design of technologies and technical means for livestock farming. Kharkiv: KhNTUSG, 429 p.

7. Revenko I.I., Braginets M.V., Rebenko V.I. (2009) Machinery and equipment for livestock farming. K.: Condor, 731 p.

8. Syrotyuk V.M. (2004) Machinery and equipment for livestock farming. Lviv: Magnolia Plus Publishing House, 201 p.