

ЕМІСІЯ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ ІЗ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ДОЗ БІОПРЕПАРАТУ СКАРАБЕЙ

Птахівництво є однією із найбільш конкурентоспроможних галузей сільського господарства з коротким терміном виробництва кінцевої продукції і має значний експортний потенціал. Збільшення обсягів продукції цієї галузі передбачає і зростання кількості відходів утримання птиці, зокрема – посліду, що слугує джерелом надходження в атмосферу парникових газів, які негативно впливають на екологічний стан довкілля, обумовлюючи зміни клімату. Тому основою запланованих досліджень було з'ясування рівня емісії з курячого посліду (*in vitro*) шкідливих газів – метану (CH₄), вуглекислого газу (CO₂), оксиду азоту (NO), аміаку (NH₃) і сірководню (H₂S) – за впливу різних доз (20 г/м³; 40 і 60 г/м³) біопрепарату скарабей.

У результаті експериментальних досліджень встановлено ефективність дії досліджуваного біопрепарату на зменшення ферментативних процесів у курячому посліді (*in vitro*), підтвердженням цьому є нижчий рівень кислотності. Аналіз одержаних даних свідчить, що водночас із зміною показника рН у кислу сторону в усіх дослідних варіантах із додаванням різних доз біопрепарату скарабей з курячого посліду виділяються в меншій кількості досліджувані гази. Зокрема, внесення у досліджуваний субстрат біопрепарату скарабей у дозі 20 г/м³ обумовлює нижчий рівень виділення метану та вуглекислого газу, залежно від доби експериментальних досліджень (20–26 доби), на 10,0–12,9 %; у кількості 40 г/м³ – 12,1–15,8 %; а за рівня 60 г/м³ – 12,9–16,5 %. Емісія з курячого посліду такого парникового газу, як оксид азоту при застосуванні різних доз біопрепарату зменшується впродовж проведення досліджень на 9,5–14,7 % щодо контрольного аналога. Аналізуючи експериментальні дані, встановлено, що в усіх варіантах із біопрепаратом скарабей спостерігається зниження рівня виділення з досліджуваного субстрату аміаку і сірководню у динаміці відповідно на 10,5–18,8 та 12,3–20,1 %.

Отже, експериментально доведено та обґрунтовано ефективний вплив різних доз (20 г/м³; 40 і 60 г/м³) біопрепарату скарабей на зменшення емісії шкідливих газів – CH₄, CO₂, NH₃, H₂S та NO – з курячого посліду за анаеробного бродіння (*in vitro*). Враховуючи наведене, біопрепарат скарабей доцільно використовувати для зниження рівня виділення шкідливих газів з відходів та запобігання забрудненню навколишнього природного середовища

при зберіганні посліду у сховищах (лагунах) і безпосередньо у приміщеннях на птахофабриках.

Ключові слова: курячий послід, газ, метан, вуглекислий газ, оксид азоту, аміак, сірководень, біопрепарат.

Mariia Vorobel

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Emission of harmful gases from chicken manure when using different doses of biopreparation scarabei

Poultry farming is one of the most competitive branches of agriculture with a short production period and has significant export potential. The increase in the volume of this industry also implies an increase in the amount of waste from keeping poultry, in particular – manure, which is as a source of greenhouse gases entering the atmosphere and negatively affects the ecological state of the environment, causing climate change. Therefore, the basis of the planned research was to find out the level of emission of harmful gases from chicken manure (*in vitro*) – methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), nitrogen oxide (NO), ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) under the influence of different doses (20 g/m³; 40 and 60 g/m³) of biological preparation scarabei.

As a result of experimental studies, the effectiveness of the studied biopreparation on reducing enzymatic processes in chicken manure (*in vitro*) was established, the confirmation of this is a lower level of acidity. The analysis of the obtained data shows that at the same time as the pH indicator changes to the acidic side in all experimental variants with the addition of different doses of the biological preparation scarabei, the investigated gases from chicken manure are released in smaller quantities. In particular, the introduction of the biopreparation scarabei into the studied substrate at a dose of 20 g/m³ results in a lower level of methane and carbon dioxide release depending on the day of experimental research (20th–26th day) – by 10.0–12.9 %; in quantity of 40 g/m³ – 12.1–15.8 %; and at the level of 60 g/m³ – 12.9–16.5 %. The emission from chicken manure of such a greenhouse gas as nitrogen oxide when using different doses of the biological preparation decreases during the research by 9.5–14.7 % relative to the control. Analyzing the experimental data, it was established that in all variants with the biological preparation scarabei, a lower level of ammonia and hydrogen sulfide release from the investigated substrate is observed in dynamics, by 10.5–18.8 % and 12.3–20.1 %, respectively.

The effectiveness of different doses (20 g/m³; 40 and 60 g/m³) of biological preparation scarabei to reduce the emission of harmful gases – CH₄, CO₂, NH₃, H₂S and NO from chicken manure during anaerobic fermentation (*in vitro*) has been experimentally proven and scientifically substantiated. Taking into account the above, it is advisable to use the biological preparation scarabei to reduce the level of release of harmful gases from waste and prevent pollution of the natural environment when storing litter in storage facilities (lagoons) and directly in the premises of poultry farms.

Keywords: chicken manure, gases, methane, carbon dioxide, nitrogen oxide, ammonia, hydrogen sulfide, biological preparation.

Вступ. У системі продовольчого забезпечення населення птахівництво посідає провідне місце, а ефективний розвиток підприємств цієї галузі постає гарантом задоволення потреб у науково обгрунтованій кількості м'ясопродуктів, споживання яких потрібне для здорового життя [2, 7, 26]. У загальному фонді споживання м'яса, що становить 2 млн т, половину займає птиця, 37 % фонду споживання належить свинині, а 13 % – яловичині [6]. Аналіз досліджень підтверджує, що для отримання 1 кДж енергії в яйцях та м'ясі птиці потрібно витратити вдвічі менше кормових одиниць порівняно з одержанням молока і втричі – щодо виробництва свинини та яловичини [15, 25]. Інтенсифікація виробництва продукції птахівництва, яку реалізують як на внутрішньому ринку, так і відправляють на експорт, передбачає утворення великого обсягу побічної продукції тваринного походження, що залишається на місці свого утворення і масово накопичується [3, 8, 13, 20, 26]. Встановлено, що за добу одна птиця виділяє в 1,1–1,5 рази більше посліду за кількість спожитого за цей період корму [16, 22]. Впродовж року від курки-несучки одержують 250–300 шт. яєць – 15–18 кг яйцемаси, яка вища в 5 разів за власну масу, а за вказаний період курка виділяє 40–65 кг посліду вологістю 65–75 % [11]. Варто зазначити, що на великих птахофабриках щоденно накопичуються десятки тонн курячого посліду [3]. Згідно з приблизними розрахунками, річний вихід посліду природної вологості у птахівничих господарствах України становить у середньому 4,7–5,2 млн т [2, 8, 9, 19, 22]. Водночас із цим при одержанні рідкого посліду вологістю 82–98 % його кількість збільшується в 2–3 рази порівняно з послідом природної вологості [16]. Встановлено, що середнє антропогенне навантаження на території України від відходів птахівництва становить 0,22 млн т/км², що на кожну тисячу населення – 3000 т [5, 28].

Внаслідок динамічного розвитку галузі птахівництва впродовж останнього десятиліття, а відтак і масового накопичення побічних продуктів тваринного походження відбувається ряд негативних екологічних наслідків – забруднення наземних водойм, ґрунтів і ґрунтових вод, емісія в атмосферне повітря великої кількості газоподібних аерополітантів – метану, вуглекислого газу, оксиду азоту, сірководню, аміаку тощо [19, 35, 40]. Аналіз досліджень свідчить, що курячий послід, який накопичився на птахофабриках, де вирощують до 400 тисяч несучок, впродовж року при розкладанні виділяє в атмосферу до 700 т біогазу, з них 30 % вуглекислого газу, або 208 т, 66 % – метану, тобто 462 т і до 5 % – інших газів та сполук: сірководню, аміаку, скатолу, індолу, водню [8]. Парникові гази,

потрапляючи в атмосферу, поглинають тепло і затримують теплове випромінювання з поверхні планети, тим самим підвищуючи середню температуру поверхні Землі, тобто виступають рухомими факторами кліматичних змін, які є найактуальнішою екологічною проблемою сьогодення [17, 29, 36, 38]. Згідно з прогнозом експертів Міжурядової групи з питань зміни клімату в Організації Об'єднаних Націй (МГЕЗК) уже до 2050 р. кліматичні зміни можуть призвести до непридатності проживання на великій частині території Африки та Азії, що сприятиме міграційним процесам [23, 34].

Сільське господарство, хоча і поступається енергетиці та промисловості (14 %) за масштабами викидів парникових газів, є потужним їх джерелом не лише в Україні, що становить 10–12 % від світових обсягів викидів парникових газів [7, 23, 27]. Так, на галузь тваринництва припадає 9 % світових викидів CO₂, 35–40 % глобальних викидів метану, а 64 % – закису азоту [4]. Внаслідок проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що потенціал впливу метану на клімат щодо CO₂ за 100-річний період вищий в 21–34 рази, а закису азоту – в 265–310 разів [1, 18, 31, 33, 37]. Відповідно до останніх оцінок Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), в секторі сільського, лісового й рибного господарства викиди парникових газів зросли майже вдвічі за останні 50 років і прогнозується подальше їх збільшення до 2050 р. на 30 % [30].

Екологічна сторона питання розвитку підприємств галузі птахівництва вимагає мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище та людину у процесі виробництва та споживання продукції. Тому, з огляду на наведене, питання зменшення емісії парникових газів з курячого посліду потребує ґрунтовних досліджень та є важливим і своєчасним завданням. Вирішенню проблеми екологізації виробництва продукції присвячено дослідження низки вчених, однак в основному в опрацьованій літературі наведено інформацію щодо ефективного впливу сорбентів (торфу, цеоліту, глауконіту) тощо на адсорбцію вологи та рівень окремого газу – аміаку чи сірководню – з відходів птахівництва, тоді як не розглядають дію їх на зменшення рівня комплексу шкідливих газів – CH₄, CO₂, NO, NH₃ й H₂S [12, 14, 32, 39]. Перспективним напрямом зниження емісії шкідливих газів з відходів одночасно із застосуванням ряду сорбентів [10] є і використання препаратів різного походження тощо [20, 24]. Тому метою досліджень було з'ясування впливу різних доз біопрепарату скарабей на зниження емісії шкідливих газів – CH₄, CO₂, H₂S, NH₃, NO – курячого посліду (*in vitro*) при анаеробній ферментації.

Матеріали і методи. Дослідження щодо ефективності впливу різних доз біопрепарату скарабей на емісію шкідливих газів (CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S , NO) з курячого посліду здійснено з використанням лабораторних (встановлення рівня досліджуваних газів), математично-статистичних (оцінки достовірності результатів досліджень) і аналітичних (аналіз та узагальнення отриманих результатів) методів. Експеримент проведено *in vitro* відповідно до методики О. Г. Скляра та ін. [21]. Для виконання дослідження здійснено відбір зразків субстрату – курячого посліду без підстилки – у фермерському господарстві «Захід-Птиця» Львівської області.

Для забезпечення анаеробних умов у експерименті використовували герметично закриті ємності. Вологість курячого посліду для підтримання стабільності процесу бродіння доводили до 92 % шляхом додавання води. У процесі проведення експериментальних досліджень здійснювали перемішування збродженої маси за рахунок періодичного струшування ємностей. Умови перебігу процесу біоферментації були аналогічні в усіх варіантах, як у контрольному, де анаеробне збродження субстрату відбувалося за рахунок природної мікрофлори посліду, так і в дослідних аналогах із внесенням різних доз біопрепарату скарабей. Дослідження проведено за мезофільного режиму за температури 33 °С, що характеризується найвищою стабільністю процесу біоферментації, і допускаються незначні коливання температури без порушення процесу бродіння.

У зброджений субстрат курячого посліду після проходження етапів – гідролізу, окислення, ацетогенезу – на 17 добу вносили різні дози досліджуваного біопрепарату: I варіант – контроль (без застосування речовин); II варіант – біопрепарат скарабей у дозі 20 г/м³; III варіант – біопрепарат скарабей у дозі 40 г/м³; IV варіант – біопрепарат скарабей у дозі 60 г/м³ і вимірювали рівень шкідливих газів – метану, вуглекислого газу, оксиду азоту, аміаку і сірководню – у контролі та в дослідних аналогах. Усі варіанти досліджень мали трикратну повторність. У подальшому кожні три доби впродовж експерименту проводили вимірювання рівня емісії з досліджуваного субстрату шкідливих газів за допомогою багатокомпонентного індивідуального переносного сигналізатора-аналізатора газів Дозор С-М-5 (свідцтво про перевірку законодавчо регульованого засобу вимірювальної техніки № 84709/92 і сертифікат відповідності № UA.TR.002.CB.1234-19).

Біопрепарат скарабей (ПНП «Укрзооветпромстач») – представлений композицією з 3 штамів високоактивних бактерій –

Bacillus amylolique faciens BS-18 IMB B-7470, Cellulomonas flavigena C-53 IMB B-7473, Rhodotorula glutinis KP Ж-1 IMB Y-5056, носій – кукурудзяна крупа в поєднанні із пшеничною.

На початку досліджень та після їх завершення визначали водневий показник (рН) за допомогою приладу рН-метр Тур N5170.

Математично-статистичний аналіз одержаних даних здійснювали, використовуючи методи варіаційної статистики, за допомогою стандартного пакета прикладних програм *Microsoft EXCEL* та *AtteStat* з використанням t-критерію Стьюдента. Розраховували середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниця між середніми арифметичними значеннями вважали вірогідними за: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.

Результати та обговорення. У процесі проведення досліджень встановлено зменшення показника рН курячого посліду, який є ключовим фактором і визначає спрямованість анаеробного бродіння. Зокрема, водневий показник зброженого субстрату в контрольному варіанті на початку і після завершення експерименту (*in vitro*) коливався у межах 8,35–8,55, тобто мав лужну реакцію. Водночас із цим додавання в курячий послід біопрепарату скарабей обумовлювало зниження процесів анаеробного бродіння впродовж досліджуваного періоду в усіх варіантах, що підтверджується зміщенням показника рН у кислую сторону, залежно від дози цього біопрепарату, до 6,95–6,65 (рис.) і пояснюється пригніченням життєдіяльності мікроорганізмів та зростанням концентрації іонів H^+ .

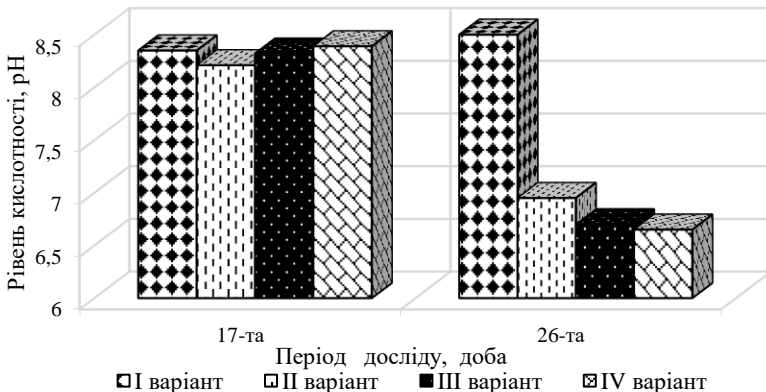


Рис. Рівень кислотності у варіантах із застосуванням різних доз біопрепарату скарабей (I варіант – контроль, II – 20 г/м³, III – 40 г/м³, IV – 60 г/м³)

Отже, аналіз одержаних результатів свідчить, що у варіантах із внесенням до зброженого субстрату (*in vitro*) різних доз (20–60 г/м³) біопрепарату скарабей за мезофільного режиму анаеробної ферментації відбувалося зменшення водневого показника (рН) на 1,6–1,9, що тим самим сприяло і нижчому рівню виділення досліджуваних газів – CH₄, CO₂, NH₃, H₂S, NO (табл.).

Вплив різних доз біопрепарату скарабей на емісію шкідливих газів із курячого посліду (*in vitro*), M±m, n=3

Період дослідження, доби	Варіанти дослідження			
	I	II	III	IV
CH ₄ , л/м ³				
17	530±2,89	537±1,86	533±2,31	532±1,45
20	535±2,03	481±1,53***	470±1,76***	466±2,08***
23	545±1,86	482±1,76***	466±2,4***	463±2,31***
26	550±1,15	479±2,03***	463±1,76***	459±2,6***
CO ₂ , л/м ³				
17	384±4,1	389±2,33	387±3,06	386±2,65
20	389±3,0	350±2,31***	342±4,26***	339±3,06***
23	390±5,51	345±2,03**	334±1,73***	332±2,31***
26	395±2,08	344±1,76***	332,5±2,03***	330±3,71***
NO, мг/м ³				
17	145,0±0,95	144,5±0,52	144,4±0,22	144,2±0,31
20	126,7±0,67	113,1±3,37*	110,9±4,92*	111,8±6,05
23	104,7±0,76	92,4±6,7	90,8±6,36	89,3±2,48**
26	82,2±1,07	74,4±2,17*	72,5±1,9*	72,0±1,47**
NH ₃ , мг/м ³				
17	357,0±60,88	358,8±64,09	358,6±63,71	351,6±54,76
20	305,7±54,79	273,5±50,58	269,8±57,16	261,3±60,02
23	276,2±2,74	238,7±63,97	232,0±14,22*	224,3±58,57
26	226,8±4,79	201,6±2,83*	194,5±4,12**	187,3±15,64
H ₂ S, мг/м ³				
17	120,9±1,1	120,5±5,29	121,3±4,94	120,5±5,57
20	91,5±5,8	78,9±5,34	75,4±6,06	74,3±6,44
23	65,2±1,33	53,9±5,05	52,7±5,89	52,1±6,84
26	45,4±1,62	39,8±5,74	38,1±1,55*	37,1±0,81*

Примітка. Різниця вірогідна щодо контролю: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.

За результатами досліджень встановлено, що інтенсивність перебігу анаеробного бродіння і процеси емісії газів з курячого посліду залежать від тривалості експерименту. Зокрема, при застосуванні біопрепарату скарабей у кількості 20 г/м^3 відбувається зменшення виходу метану та вуглекислого газу з досліджуваного субстрату відповідно: на 20-ту добу – 54 л/м^3 та 39 л/м^3 – 10,0 % ($P < 0,001$); на 23-тю добу – 63 л/м^3 ($P < 0,001$) і 45 л/м^3 ($P < 0,01$), тобто 11,5 %; на 26-ту добу – 71 л/м^3 ($P < 0,001$) й 51 л/м^3 , або 12,9 % порівняно з контрольним аналогом. У варіантах із внесенням у зброджений курячий послід цього біопрепарату в дозі 40 г/м^3 спостерігали зниження рівня виділення CH_4 і CO_2 , залежно від доби експерименту, відповідно на 65 та 47 л/м^3 , тобто 12,1 %, $P < 0,001$ – 20-та доба; на 79 й 56 л/м^3 , або 14,5 %, $P < 0,001$ – 23-тя доба; на 87 і $62,5 \text{ л/м}^3$ – 15,8 %, $P < 0,001$ – 26-та доба щодо контролю. У процесі проведення досліджень встановлено, що додавання біопрепарату скарабей у кількості 60 г/м^3 обумовлює зменшення емісії метану й вуглекислого газу з досліджуваного субстрату на 20–26 доби відповідно на 69–91 й 50 – 65 л/м^3 , тобто у відсотковому відношенні – 12,9–16,5 % ($P < 0,001$) щодо контрольного варіанта. Підсумовуючи одержані дані, слід зазначити, що найнижчий рівень виділення CH_4 і CO_2 з збродженого курячого посліду в динаміці проведення досліджень відзначено на 26-ту добу в усіх варіантах із використанням різних доз біопрепарату скарабей.

Одержані експериментальні дані підтверджують, що із досліджуваного субстрату, окрім метану та вуглекислого газу, виділялися в незначній кількості такі гази, як H_2S , NH_3 , NO , емісія яких зменшувалася із збільшенням тривалості процесу біоферментації як у контролі, так і у дослідних аналогах. Водночас із наведеним у варіантах із використанням біопрепарату скарабей відбувалося ефективніше зниження емісії зазначених вище газів із курячого посліду. Рівень виділення оксиду азоту з досліджуваного субстрату нижчий при внесенні 20 г/м^3 біопрепарату скарабей, залежно від доби експерименту: на 20-ту добу – $13,6 \text{ мг/м}^3$ (10,7 %; $P < 0,05$); на 23-тю добу – $12,3 \text{ мг/м}^3$, або 11,8 %; на 26-ту добу – $7,8 \text{ мг/м}^3$ ($P < 0,05$), тобто 9,5 % щодо контрольного аналога. Додавання у зброджений курячий послід біопрепарату скарабей у кількості 40 г/м^3 обумовлює зменшення емісії NO відповідно на $15,8 \text{ мг/м}^3$, або 12,5 %, $P < 0,05$ – 20-та доба; на $13,9 \text{ мг/м}^3$, тобто 13,3 % – 23-тя доба; на $9,7 \text{ мг/м}^3$ – 11,8 %, $P < 0,05$ – 26-та доба порівняно з контролем. Застосування біопрепарату скарабей у дозі 60 г/м^3 сприяє нижчому рівню виділення оксиду азоту із досліджуваного субстрату, залежно від доби експерименту:

відповідно на 20-ту добу – 14,9 мг/м³ (11,8 %); на 23-тю добу – 15,4 мг/м³ (14,7 %, P<0,01); на 26-ту добу – 10,2 мг/м³ (12,4 %, P<0,01) щодо контролю.

Спираючись на результати експериментальних досліджень, слід зазначити, що при внесенні біопрепарату скарабей у різних дозах (20–60 г/м³) за анаеробної ферментації курячого посліду (*in vitro*) відбувається зменшення емісії аміаку, залежно від тривалості експерименту, відповідно на 32,2–44,4 мг/м³, тобто 10,5–14,5 % – 20-та доба; на 37,5–51,9 мг/м³ (P<0,05), або 13,6–18,8 % – 23-тя доба; на 25,2–39,5 мг/м³ (P<0,05–0,01) – 11,1–17,4 % – 26-та доба щодо контрольного аналога.

Біопрепарат скарабей у дозі 20 г/м³ знижує рівень виділення сірководню із досліджуваного субстрату щодо контролю відповідно на 20-ту добу – 12,6 мг/м³ (13,8 %); на 23-тю добу – 11,3 мг/м³, або 17,3 %; на 26-ту добу – 5,6 мг/м³ – 12,3 %. При додаванні у зброжений курячий послід 40 г/м³ біопрепарату скарабей спостерігали зменшення емісії H₂S, залежно від доби експерименту, на 16,1 мг/м³, тобто 17,6 % – 20-та доба; на 12,5 мг/м³, або 19,2 % – 23-тя доба; на 7,3 мг/м³ (P<0,05) – 16,1 % – 26-та доба порівняно з контрольним варіантом. Використання 60 г/м³ біопрепарату скарабей сприяє нижчому рівню виділення сірководню із досліджуваного субстрату: відповідно на 20-ту добу – 17,2 мг/м³, або 18,8 %; на 23-тю добу – 13,1 мг/м³ (20,1 %); на 26-ту добу експерименту – 8,3 мг/м³ (P<0,05), тобто 18,3 % щодо контрольного аналога.

На основі аналізу отриманих результатів у процесі проведення експериментальних досліджень слід відзначити, що найефективнішу дію на зменшення емісії із курячого посліду (*in vitro*) оксиду азоту, аміаку та сірководню встановлено на 23-тю добу в усіх дослідних варіантах із застосуванням різних доз біопрепарату скарабей.

Таким чином, експериментально підтверджено та обґрунтовано, що використання біопрепарату скарабей при анаеробному бродінні досліджуваного субстрату, незалежно від дози (20 г/м³; 40 і 60 г/м³), обумовлює зниження обсягу виділення шкідливих газів – CH₄, CO₂, NH₃, H₂S, NO. Зокрема, удвічі вища доза цього біопрепарату (40 г/м³) сприяла зменшенню рівня виділення досліджуваних газів із зброженого курячого посліду – до 4 % щодо мінімальної його кількості (20 г/м³). Тоді як 3-кратне збільшення дози (60 г/м³) біопрепарату скарабей викликало незначне зниження емісії газів з зброженого субстрату щодо середньої використаної (40 г/м³), тобто не мало значної дії і є економічно недоцільним.

Отже, проведені дослідження свідчать про перспективність використання біопрепарату скарабей при зберіганні курячого посліду як у гноєховищах (лагунах), так і безпосередньо в приміщеннях на птахофабриках для зменшення рівня виділення шкідливих газів та запобігання забрудненню довкілля, а відтак і мінімізації негативного впливу інтенсивного ведення галузі птахівництва.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено ефективний вплив на зменшення емісії шкідливих газів – CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S , NO – з курячого посліду різних доз біопрепарату скарабей за мезофільного режиму бродіння в анаеробних умовах *in vitro*, що підтверджується нижчим показником рН. Найкращі результати щодо зменшення рівня виділення досліджуваних газів з субстрату отримано у варіантах із внесенням цього біопрепарату в кількості 40 г/м^3 , зокрема, залежно від тривалості досліджень (20–26 доба), емісія CH_4 та CO_2 нижча на 12,1–15,8 %, NO – 11,8–13,3 %, H_2S – 16,1–19,2 % і NH_3 – на 11,7–16,0 %. Отже, експериментальні дослідження підтверджують доцільність застосування біопрепарату скарабей у дозі 40 г/м^3 для мінімізації емісії шкідливих газів з курячого посліду.

Список використаної літератури

1. Бінковська Г. В., Шаніна Т. П. Оцінка обсягів викидів парникових газів в системах поводження з сільськогосподарськими відходами Одеської області. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2016. Вип. 14. С. 91–97.
2. Бойко І. А. Екологічні проблеми птахівництва та напрями їх вирішення. Матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми економіки підприємств в сучасних умовах» (м. Київ, 21–22 трав. 2015 р.). Київ, 2015. С. 205–207.
3. Бородай В. П., Пінчук В. О., Тертична О. В. Перспективні напрями екологічних досліджень у галузі тваринництва. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 44–48.
4. Вовк В. Ю. Екологічно безпечні технології переробки відходів сільського господарства для забезпечення енергетичної безпеки. Збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» «Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами» (м. Київ, 23–24 листоп. 2021 р.). Київ : Центр

References

1. Binkovska H. V., Shanina T. P. Evaluation of greenhouse gases emission in the systems of handling with agricultural wastes in Odesa region. *Visnyk KhNU imeni V. N. Karazina. Seriya «Ekologhiia»*. 2016. Issue 14. P. 91–97.
2. Boiko I. A. Ecological problems of poultry farming and directions of their solution. Materialy XI Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Problemy ekonomiky pidpriemstv v suchasnykh umovakh» (m. Kyiv, 21–22 trav. 2015 r.). Kyiv, 2015. P. 205–207.
3. Borodai V. P., Pinchuk V. O., Tertychna O. V. Promising areas of environmental research in the field of animal husbandry. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2017. No. 2. P. 44–48.
4. Vovk V. Yu. Environmentally safe agricultural waste processing technologies to ensure energy security. Zbirka materialiv Natsionalnoho forumu «Povodzhennia z vidkhodamy v Ukraini: zakonodavstvo, ekonomika, tekhnolohii» «Ekologichno druzhni tekhnolohichni rishehnia dlia mistsevykh hromad shchodo povodzhennia z vidkhodamy» (m. Kyiv, 23–24 lystop.

екологічної освіти та інформації, 2021. С. 148–154.

5. Вплив різних доз біопрепарату Меганіт Нірбатор на емісію парникових газів з курячого посліду / М. І. Воробель та ін. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99, № 2. С. 52–59. DOI: 10.31073/agrovisnyk202102-07.

6. Державний комітет статистики України: офіційний сайт. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm (дата звернення: 12.12.2022).

7. До питання розрахунку викидів парникових газів відходів тваринництва / М. О. Захаренко та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 3/4. С. 63–70.

8. Дутка Д. І. До питання поводження з органічними відходами пахофабрики. *Матеріали III наук.-практ. конф. «Екологія та сталий розвиток»* (м. Маріуполь, 22–23 лют. 2018 р.). Маріуполь, 2018. С. 78–81.

9. Екологічна безпека при виробництві продукції птахівництва / О. В. Тертична та ін. *Тези Міжнар. вузівської наук.-практ. конф. студ., асп. і молодих учених «Екологічний розвиток країни в рамках європейської інтеграції»* (м. Житомир, 5 трав. 2014 р.). Житомир, 2014. С. 32.

10. Емісія парникових газів у курячому посліді при застосуванні природних сорбентів / М. І. Воробель та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (1). С. 169–182. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-1-11.

11. Жуков Б. С. Сучасні проблеми в птахівництві. *Матеріали III Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції «Інноваційні розробки студентів та молодих науковців в галузі технічного сервісу машин»* (м. Харків, 1–2 груд. 2016 р.). Харків, 2016. С. 21.

12. Канда М., Мальований М., Одноріг З. Мінімізація екологічної небезпеки від забруднення довкілля в зоні діяльності пахофабрик. *Міжнародний науковий симпозіум «Сталый розвиток – стан та перспективи»* (м. Львів, Славське, 28 лют. – 3 берез. 2018 р.). Львів, Славське, 2018. С. 145–146.

2021 р.). Kyiv : Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii, 2021. P. 148–154.

5. Effect of different doses of biological preparation Meganit Nirbator on greenhouse gas emissions from chicken manure / M. I. Vorobel et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. Vol. 99, No. 2. P. 52–59. DOI: 10.31073/agrovisnyk202102-07.

6. State Statistics Committee of Ukraine: official site. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm (last accessed: 12.12.2022).

7. On the question of calculation the greenhouse gas emissions of livestock waste / M. O. Zakharenko et al. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2014. Vol. 6, No. 3/4. P. 63–70.

8. Dutka D. I. On the issue of organic waste management of poultry farm. *Materialy III nauk.-prakt. konf. «Ekolohiia ta stalyy rozvytok»* (m. Mariupol, 22–23 liut. 2018 r.). Mariupol, 2018. P. 78–81.

9. Ecological safety in the production of poultry products / O. V. Tertychna et al. *Tezy Mizhnar. vuzivskoi nauk.-prakt. konf. stud., asp. i molodykh uchenykh «Ekolohichniy rozvytok krainy v ramkakh yevropeiskoi intehratsii»* (m. Zhytomyr, 5 trav. 2014 r.). Zhytomyr, 2014. P. 32.

10. Greenhouse gas emissions in chicken dung at the using of natural sorbents / M. I. Vorobel et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2021. Issue 69 (1). P. 169–182. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-1-11.

11. Zhukov B. S. Modern problems in poultry farming. *Materialy III Vseukr. nauk.-prakt. Internet-konferentsii «Innovatsiini rozrobky studentiv ta molodykh naukovtsiv v haluzi tekhnichnoho servisu mashyn»* (m. Kharkiv, 1–2 hrud. 2016 r.). Kharkiv, 2016. P. 21.

12. Kanda M., Malovanyi M., Odnorih Z. Minimization of ecological danger from environmental pollution in the area of activity of poultry farms. *Mizhnarodnyi naukovyi sympozium «Stalyy rozvytok – stan ta perspektyny»* (m. Lviv, Slavske, 28 liut. – 3 berez. 2018 r.). Lviv, Slavske, 2018. P. 145–146.

13. Kvitka I. V. Organizational and

13. Квітка І. В. Організаційно-економічні проблеми поводження з відходами птахівництва в Україні. *Економічна політика і природо-користування*. 2017. Вип. 6 (128). С. 95–98.
14. Кизь Т. В. Емісія аміаку у пташнику при додаванні до підстилки різних реагентів. *Птахівництво*. 2010. Вип. 65. С. 127–138.
15. Ляшенко М. В. Екологічна парадигма локалізації виробництва продукції тваринництва. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 11. С. 70–75.
16. Мельник В. О. Екологічні проблеми сучасного птахівництва. *Птахівництво*. 2009. Вип. 63. С. 1–15.
17. Михайлова Є. О. Викиди парникових газів в Україні та світі. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика» (м. Харків, 24 листоп. 2016 р.). Харків, 2016. С. 183–184.
18. Пінчук В. О. Емісія парникових газів у галузі тваринництва України. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Т. 7, № 1/2. С. 115–118.
19. Приймак В. В. Вплив, який завдається навколишньому середовищу в процесі функціонування промислового птахівництва. *Наука і студія*. 2016. Vol. 10. P. 181–184.
20. Ряполова І. О., Коннова Д. Вирішення екологічних проблем з відходами птахівництва за допомогою ЕМ-препарату. *The art of scientific mind*. 2019. № 3. P. 90–92. DOI: 10.11232/2617-7064.3.1.
21. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. *Вісник Харківського національного університету сільського господарства імені П. Василенка*. 2019. Вип. 199. С. 267–275.
22. Скляр Р. В., Скляр О. Г., Мілько Д. О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2018. Вип. 8, Т. 2. С. 2–6. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6.
23. Стасів О. Ф., Котько Н. М. Агровиробничі ризики та можливості economic problems of breeding with poultry waste in Ukraine. *Економічна політика і природокористування*. 2017. Issue 6 (128). P. 95–98.
14. Kyz T. V. Emission of ammonia in the poultry house when adding various reagents to the litter. *Ptakhivnytstvo*. 2010. Issue 65. P. 127–138.
15. Liashenko M. V. Environmental paradigm of localization livestock production. *Investitsii: praktyka ta dosvid*. 2018. No. 11. P. 70–75.
16. Melnyk V. O. Ecological problems of modern poultry farming. *Ptakhivnytstvo*. 2009. Issue 63. P. 1–15.
17. Mykhailova Ye. O. Greenhouse gas emissions in Ukraine and the world. *Materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Problemy tekhnogenno-ekolohichnoi bezpekyy: osvita, nauka, praktyka»* (m. Kharkiv, 24 lystop. 2016 r.). Kharkiv, 2016. P. 183–184.
18. Pinchuk V. O. Greenhouse gas emissions in livestock Ukraine. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2015. Vol. 7, No. 1/2. P. 115–118.
19. Pryimak V. V. Impact on the environment during the operation of industrial poultry farming. *Nauka i studia*. 2016. Vol. 10. P. 181–184.
20. Riapolova I. O., Konnova D. Resolving environmental problems with wastes of poultry farming with the help of the EM drug. *The art of scientific mind*. 2019. No. 3. P. 90–92. DOI: 10.11232/2617-7064.3.1.
21. Skliar O. H., Skliar R. V., Hryhorenko S. M. Program and method of experimental researches on laboratory biogasous installation. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni P. Vasylenka*. 2019. Issue 199. P. 267–275.
22. Skliar R. V., Skliar O. H., Milko D. O. Features of the process of methanogenesis of bird droppings. *Naukovyi visnyk TDAU*. 2018. Issue 8, Vol. 2. P. 2–6. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6.
23. Stasiv O. F., Kotko N. M. Agricultural risks and opportunities of global climate change for the development

глобальних змін клімату для розвитку сільськогосподарського сектора України. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. № 3 (39). P. 162–164.

24. Технологічні прийоми покращення мікроклімату у патшанні при утриманні індиків на підстилці / О. В. Мельник та ін. *Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка*. 2013. Вип. 132. С. 434–443.

25. Удосконалення технологій виробництва продукції птахівництва: ретроспектива і перспективи / І. І. Івко та ін. *Птахівництво*. 2009. Вип. 64. С. 11–23.

26. Фурдичко О. І., Сваліявчук Л. І., Шевцова О. Л. Еколого-економічні дослідження використання побічних продуктів тваринного походження. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 5–11.

27. Ходорчук В. Я., Алієва І. В., Марткоплішвілі М. М. Мінімізація емісії парникових газів у сільському господарстві. *Аграрний вісник Півдня*. 2014. № 1. С. 168–173.

28. Ященко С. В. Екологічна оцінка очистки та знезараження стічних вод птахокомплексу. *НТБ ІБТ та ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок*. 2010. Вип. 11, № 2/3. С. 328–331.

29. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions : Review / J. M.-F. Johnson et al. *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 150. P. 107–124.

30. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990-2011 analysis / F. N. Tubiello et al. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. 2014. 89 p.

31. Asgedom H., Kebreab E. Beneficial management practices and mitigation of greenhouse gas emissions in the agriculture of the Canadian Prairie: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 31. P. 433–451. DOI: 10.1007/s13593-011-0016-2.

32. Bernal M. P., Lopez-Real J. M. Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. *Biores. Technol.* 1993. No. 43. P. 27–33.

33. Caro D. Greenhouse gas and livestock emissions and climate change. *Encyclopedia of food security and sustainability*. 2019. Vol. 1. P. 228–232. DOI: 10.1016/B978-0-08-

of the agricultural sector of Ukraine. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. No. 3 (39). P. 162–164.

24. Technological methods of improving the microclimate in the poultry house when keeping turkeys on the litter / O. V. Melnyk et al. *Visnyk KhNTUSH imeni P. Vasylenka*. 2013. Issue 132. P. 434–443.

25. Improvement of production technologies of poultry products: retrospective and prospects / I. I. Ivko et al. *Ptakhivnytstvo*. 2009. Issue 64. P. 11–23.

26. Furdychko O. I., Svaliavchuk L. I., Shevtsova O. L. Ecological and economic studies of the use of by-products of animal origin. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 2019. No. 2. P. 5–11.

27. Khodorchuk V. Ya., Aliieva I. V., Martkoplshvili M. M. Minimization of greenhouses gas emissions from agriculture. *Ahrarnyi visnyk Pivdnia*. 2014. No. 1. P. 168–173.

28. Yashchenko S. V. Ecological assessment of sewage treatment and disinfection of poultry complex. *NTB IBT ta DNDKI vetpreparativ ta kormovykh dobavok*. 2010. Issue 11, No. 2/3. P. 328–331.

29. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions : Review / J. M.-F. Johnson et al. *Environmental Pollution*. 2007. Vol. 150. P. 107–124.

30. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990-2011 analysis / F. N. Tubiello et al. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. 2014. 89 p.

31. Asgedom H., Kebreab E. Beneficial management practices and mitigation of greenhouse gas emissions in the agriculture of the Canadian Prairie : a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 31. P. 433–451. DOI: 10.1007/s13593-011-0016-2.

32. Bernal M. P., Lopez-Real J. M. Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. *Biores. Technol.* 1993. No. 43. P. 27–33.

33. Caro D. Greenhouse gas and

100596-5.22012-X.

34. Dobrowolski D. Świat a zmiany klimatyczne. URL:

https://globalna.ceo.org.pl/sites/globalna.ceo.org.pl/files/m4_swiat_a_zmiany_klimatyczne_0.pdf (last accessed: 12.12.2022).

35. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment / M. MacLeod et al. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. 172 p.

36. Greenhouse gas mitigation in agriculture / P. Smith et al. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2008. Vol. 363. P. 789–813. DOI: 10.1098/RSTB.2007.2184.

37. Koneswaran G., Nierenberg D. Global farm animal production and global warming: Impacting and mitigating climate change. *Environ. Health Perspect.* 2008. Vol. 116, No. 5. P. 578–582. DOI: 10.1289/ehp.11034.

38. Manure management for greenhouse gas mitigation / S. O. Petersen et al. *Animal.* 2013. No. 7. P. 266–282. DOI: 10.1017/S1751731113000736.

39. Natural zeolites in diet or litter of broilers / A. F. Schneider et al. *British Poultry Science.* 2016. Vol. 57, No. 2. P. 257–263.

40. Uses and management of poultry litter / N. S. Bolan et al. *World Poultry Sci. J.* 2010. Vol. 66, Issue 4. P. 673–698. DOI: 10.1017/S0043933910000656.

livestock emissions and climate change. *Encyclopedia of food security and sustainability.* 2019. Vol. 1. P. 228–232. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X.

34. Dobrowolski D. Świat a zmiany klimatyczne. URL: https://globalna.ceo.org.pl/sites/globalna.ceo.org.pl/files/m4_swiat_a_zmiany_klimatyczne_0.pdf (last accessed: 12.12.2022).

35. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains : A global life cycle assessment / M. MacLeod et al. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. 172 p.

36. Greenhouse gas mitigation in agriculture / P. Smith et al. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2008. Vol. 363. P. 789–813. DOI: 10.1098/RSTB.2007.2184.

37. Koneswaran G., Nierenberg D. Global farm animal production and global warming: Impacting and mitigating climate change. *Environ. Health Perspect.* 2008. Vol. 116, No. 5. P. 578–582. DOI: 10.1289/ehp.11034.

38. Manure management for greenhouse gas mitigation / S. O. Petersen et al. *Animal.* 2013. No. 7. P. 266–282. DOI: 10.1017/S1751731113000736.

39. Natural zeolites in diet or litter of broilers / A. F. Schneider et al. *British Poultry Science.* 2016. Vol. 57, No. 2. P. 257–263.

40. Uses and management of poultry litter / N. S. Bolan et al. *World Poultry Sci. J.* 2010. Vol. 66, Issue 4. P. 673–698. DOI: 10.1017/S0043933910000656.

Отримано 6 березня 2023 р.
Погоджено до друку 10 березня 2023 р.