

Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631:636.5:631.862:
504.05

© 2022

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПЛИВУ РІЗНИХ ДОЗ БІОПРЕПАРАТУ КАПЕЛЮХІВ ЯРОК НА РІВЕНЬ ВИДІЛЕННЯ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ З КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ

М.І. Воробель¹, В.В. Каплінський², О.Я. Клим³,
А.І. Дмитроца⁴, Г.Я. Телушко⁵

^{1,3}кандидати сільськогосподарських наук

²кандидат ветеринарних наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл., 81115, Україна

e-mail: ¹vorobelmariia@gmail.com, ²vasyl.kaplinskiy@gmail.com,

³klum-oleg@ukr.net, ⁴andrianadmitroca@gmail.com, ⁵telushko@ukr.net

ORCID: ¹0000-0003-4387-4173, ²0000-0002-0138-9957,

³0000-0002-6330-8489, ⁴0000-0003-3304-3691, ⁵0000-0001-8231-7922

Надійшла 13.12.2021

Мета. Установити ефективність впливу різних доз біопрепарату Капелюхів Ярок на рівень виділення газів — метану (CH_4), вуглекислого газу (CO_2), аміаку (NH_3), сірководню (H_2S) та оксиду азоту (NO) з курячого посліду за анаеробного зброджування (*in vitro*). **Методи.** Дослідження проводили з використанням лабораторних, аналітичних і математико-статистичних методів. Лабораторні методи — для встановлення рівня виділення шкідливих газів з курячого посліду за використання різних доз біопрепарату Капелюхів Ярок; аналітичні — для аналізу та обґрунтування отриманих результатів; математико-статистичні — для оцінки достовірності результатів досліджень. **Результати.** Після внесення у зброджений курячий послід біопрепарату Капелюхів Ярок залежно від дози спостерігали зниження процесів анаеробного бродіння впродовж досліджуваного періоду, що підтверджується зменшенням показників рН до 6,9–6,55 од. Водночас із нижчим рівнем рН у зброженому субстраті при використанні біопрепарату Капелюхів Ярок у досліджуваних дозах залежно від доби експерименту (20–26-та доба) за мезофільного режиму анаеробного бродіння (*in vitro*) відбувається зниження емісії CH_4 і CO_2 на 11,9–18,1%, NH_3 — 14,7–31,8, H_2S — 10,1–18,3, а NO — на 8,4–11,6% щодо контролю. **Висновки.** Експериментально доведено та науково обґрунтовано ефективний вплив різних доз — 75 г/м³, 150 і 225 г/м³ біопрепарату Капелюхів Ярок на зменшення рівня виділення газів — CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S і NO за анаеробного бродіння (*in vitro*). Проведені дослідження свідчать про можливість використання біопрепарату Капелюхів Ярок

для зниження емісії шкідливих газів і запобігання забрудненню навколишнього природного середовища під час зберігання посліду на птахофабриках у сховищах (лагунах).

Ключові слова: птахівництво, метан, вуглекислий газ, аміак, сірководень, оксид азоту, анаеробне бродіння.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovnisnyk202202-09>

Аграрний сектор України є важливою стратегічною галуззю, яка забезпечує продовольчу незалежність і безпеку держави та є системоутворювальною складовою національної економіки, формує продовольчу, економічну, екологічну й енергетичну безпеку, забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей національної економіки [1–3]. Упродовж останнього десятиліття аграрний сектор набув нового значення для економіки в контексті стрімкого зростання обсягів виробництва й експорту продукції і неможливий без стабільного розвитку галузей рослинництва та тваринництва [4]. Нині в нашій країні найдинамічнішою галуззю тваринництва вважається птахівництво, а його продукція займає важливе місце в забезпеченні населення високоякісними дієтичними продуктами харчування [4, 5]. Водночас тваринництво загалом і птахівництво зокрема є одночасно і продуцентом забруднень навколишнього природного середовища внаслідок нагромадження великої кількості посліду [4].

Розвиток галузі птахівництва зумовлює екологічне навантаження на довкілля, з відходів якого в атмосферу потрапляють забруднювальні речовини різного походження, зокрема і шкідливі гази (метан, аміак, сірководень, вуглекислий газ). Це призводить до забруднення ґрунтів, водоймищ, підземних вод і зростання температури повітря на планеті, виникнення кислотних дощів, посух, повеней, утворення атмосферного аерозолі, зменшення запасів питної води, що зумовлює негативні зміни у кліматичному балансі планети [6, 7]. Отже, сільське господарство, яке часто потерпає від зміни клімату, є водночас однією з причин цієї зміни [8–10].

За даними Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), викиди парникових газів у секторі сільського, лісового

й рибного господарств за останні 50 років збільшилися практично вдвічі [11]. Крім того, на перспективу дослідники прогнозують зростання викидів від сільського господарства, а саме: до 2030 р. порівняно з 2012 р. вони можуть зрости на 36%, щодо 1990 р. — на 52%. Однак при впровадженні заходів зі скорочення викидів їхні обсяги до 2030 р. можуть зменшитися на чверть і становити 30–40% до рівня 1990 р. [1]. За однією із прогнозованих оцінок Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату в Організації Об'єднаних Націй, уже до 2050 р. кліматичні зміни можуть призвести до непридатності до проживання населення великої частини території Африки й Азії та водночас до масштабних міграційних процесів [12].

Отже, діяльність потужних тваринницьких господарств і зокрема птахофабрик, де виробництво продукції здійснюється на основі промислових технологій, потребує особливих підходів і зумовлює ряд зоотехнічних, ветеринарних та екологічних проблем, серед яких важливе місце займає ефективна, раціональна й екологічно безпечна утилізація і переробка відходів, а саме, посліду птиці [13]. Розв'язання цих проблем у птахівництві сприятиме підвищенню продуктивності птиці, одержанню доброякісної продукції та забезпечуватиме належний екологічний стан навколишнього природного середовища у зоні діяльності птахофабрик.

Проблемі екологізації сільського господарства приділено багато уваги, особливо переробці відходів галузі птахівництва, знезараженню біоматеріалів, гною та ін. Зокрема, для зменшення емісії газів з відходів галузі птахівництва відомо використання ряду сорбентів — торфу, цеоліту, монтморилоніту, кліноптилоліту, бентоніту, палигорськиту, перліту та ін. [14–17] і препаратів

різного походження (Ембіонік К, деструктор органіки «Ембіко») [18, 19]. Проте у цих літературних джерелах наведено інформацію щодо впливу їх на адсорбцію вологи й рівень виділення окремих газів (аміаку, сірководню), однак невстановленим залишається їхній вплив на комплекс шкідливих газів — CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S та NO . Тому, враховуючи зазначене вище, актуальним завданням є пошук ефективних засобів і способів для зниження емісії шкідливих газів з курячого посліду, які б дали змогу забезпечити збереження чистоти навколишнього природного середовища та мінімізувати наслідки глобального потепління.

Мета досліджень — установити ефективність впливу різних доз біопрепарату Капелюхів Ярок на рівень виділення газів — CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S та NO з курячого посліду за анаеробного зброджування (*in vitro*).

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні дослідження з установлення ефективності впливу різних доз біопрепарату Капелюхів Ярок на емісію шкідливих газів (CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S , NO) проведено в лабораторії екології Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН з використанням лабораторних, аналітичних і математико-статистичних методів. Для виконання дослідження здійснено відбір зразків курячого посліду без підстилки у ФГ «Захід-Птиця» Пустомитівського р-ну Львівської обл. Експеримент проведено *in vitro* відповідно до методики О.Г. Скляра та ін. [20], використовуючи закриті ємності для збереження герметичності та забезпечення анаеробних умов. Вологість субстрату з метою стабільності процесу бродіння довели до 92% додаванням води. Під час проведення експериментальних досліджень субстрат періодично струшували. Аналогічні контрольному варіанту умови перебігу процесу біоферментації були як у варіанті, де анаеробне зброджування субстрату відбувалося як завдяки природній мікрофлорі посліду, так і в дослідних аналогах, із внесенням різних доз досліджуваного біопрепарату Капелюхів Ярок. У збродженій курячий послід, на початку утворення метану (на 17-ту добу) вносили: I варіант — контроль (без внесення речовин); II варіант — біопрепарат Капелюхів Ярок, у дозі

75 г/м³; III варіант — біопрепарат Капелюхів Ярок, у дозі 150 г/м³; IV варіант — біопрепарат Капелюхів Ярок, у дозі 225 г/м³. Усі варіанти проведених досліджень мали 3-разову повторність.

Біопрепарат Капелюхів Ярок (ПП «Агробіопрепарат») складається з живих культур мікроорганізмів *Bacillus subtilis* IMB B-7521 (BS), *Pichia sp.* IMB Y-5071 (P), *Bacillus cytaseus* IMB B-7522 (ЦРБ), сполук мінеральних біогенних елементів і носія — кукурудзяної січки.

Упродовж проведення експерименту в умовах *in vitro*, на 17-ту добу і через кожні 3 доби визначали рівень емісії шкідливих газів (CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S , NO) з курячого посліду на контролі та в дослідних варіантах. Кількість виділення досліджуваних газів за анаеробного бродіння курячого посліду (*in vitro*) вимірювали за допомогою аналізатора газів — Дозор С-М-5 (сертифікат перевірки приладу типу UA.TR.001 212-18 і сертифікат відповідності UA.TR.002.CB.1234-19). У дослідженні визначали також кислотність субстрату (на початку експериментальних досліджень та після їх завершення) за допомогою приладу рН-Метр Тур N5170 (виробництво Польща).

Статистичний аналіз одержаних результатів досліджень проводили за допомогою стандартного пакета статистичних програм *Microsoft EXCEL* та *AtteStat*, використовуючи методи варіаційної статистики. Вираховували середні арифметичні величини (M) і похибки середніх арифметичних (m). Різницю між середніми арифметичними значеннями вважали статистично вірогідною при: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведення будь-якого мікробіологічного процесу потребує дотримання оптимальної температури і рівня рН, у результаті чого забезпечується його максимальна ефективність. Тому на кожному етапі ферментації (гідролізу, окиснення, ацетогенезу, метаногенезу) у процесі досліджень підтримували температурний режим у межах 33°C, що є важливим чинником, який впливає на метаболічну активність мікроорганізмів, а також здійснювали контроль за рівнем рН, оскільки останній визначає спрямованість анаеробного бродіння [21].

За результатами досліджень установлено, що рН курячого посліду в контрольному варіанті (без унесення речовин) до і після завершення експерименту (*in vitro*) мало лужну реакцію та перебувало в межах — 8,35–8,55 од., тоді як після внесення у зброджений субстрат різних доз біопрепарату Капелюхів Ярок (75–225 г/м³) спостерігали зниження процесів анаеробного бродіння впродовж досліджуваного періоду. Це підтверджувала зміна показника рН в кислий бік, а саме — зменшення його залежно від дози досліджуваного біопрепарату до 6,9–6,55 од. (рисунок), що пояснюється пригніченням життєдіяльності мікроорганізмів і зростанням концентрації іонів Н⁺.

Аналізуючи результати експериментальних досліджень, установлено, що у дослідних варіантах із внесенням до збродженого курячого посліду (*in vitro*) різних доз (75 г/м³; 150 і 225 г/м³) біопрепарату Капелюхів Ярок за мезофільного режиму анаеробної ферментації відбувалося зменшення емісії досліджуваних газів СН₄, СО₂, NH₃, Н₂S, NO (таблиця) та зниження водневого показника (рН) на 1,65–2 од.

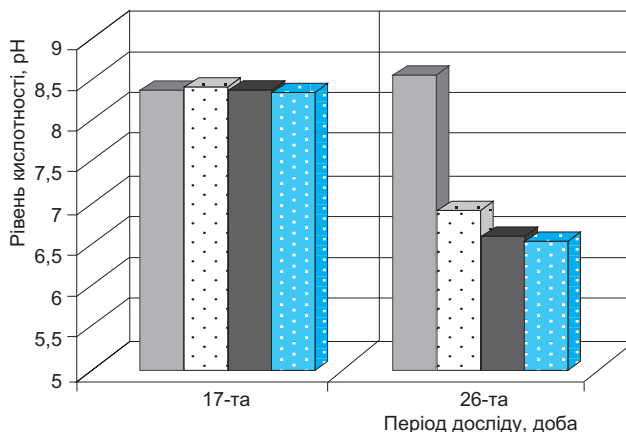
На основі проведених досліджень установлено, що при застосуванні біопрепарату Капелюхів Ярок у різних дозах (75 г/м³; 150 і 225 г/м³), залежно від доби експерименту (20–26-та доба) рівень виділення метану з курячого посліду знижувався на 64–84 л/м³ (P<0,001); 70–95 (P<0,001) і 73–99,5 л/м³

(P<0,001), а емісія вуглекислого газу була нижча за контроль відповідно на 46–60,5 л/м³ (P<0,001); 50–68,5 (P<0,001) та 53–71,5 л/м³ (P<0,001). У відсотковому відношенні це відповідно становило — 11,9–15,3%; 12,9–17,3 і 13,6–18,1%. Отже, найнижчий рівень виділення метану та вуглекислого газу з курячого посліду виявлено на 26-ту добу експерименту в усіх досліджуваних дозах біопрепарату Капелюхів Ярок.

У процесі проведення експерименту встановлено, що зі збродженого курячого посліду, крім метану та вуглекислого газу, виділялися в незначній кількості газу Н₂S, NH₃ і NO. Їхня емісія зменшувалася зі збільшенням тривалості процесу біоферментації і на контролі й у дослідних варіантах, тоді як за використання біопрепарату Капелюхів Ярок спостерігалося ефективніше зниження рівня виділення цих газів.

Зокрема, біопрепарат Капелюхів Ярок у дозах — 75 г/м³; 150 і 225 г/м³ зумовлював зменшення рівня виділення аміаку зі збродженого субстрату, залежно від доби досліджень, відповідно, на 45,1 мг/м³ (14,7%); 74,3 мг/м³ (24,3%); 84,5 мг/м³ (27,6%) — 20-та доба; на 49,3 мг/м³ (17,9%; P<0,01); 76,4 мг/м³ (27,7%; P<0,01) і 87,7 мг/м³ (31,8%) — 23-тя доба; на 37,1 мг/м³ (16,4%); 59,5 мг/м³ (26,2%; P<0,01) та 66,9 мг/м³ (29,5%; P<0,05) — 26-та доба, порівняно з контролем.

Аналіз результатів досліджень свідчить, що емісія сірководню у варіантах із



Рівень кислотності у варіантах із застосуванням різних доз біопрепарату Капелюхів Ярок (I варіант — контроль, II — 75 г/м³, III — 150, IV — 225 г/м³); ■ — I варіант; □ — II варіант; ■ — III варіант; ■ — IV варіант

Вплив різних доз біопрепарату Капелюхів Яроч на рівень виділення шкідливих газів (CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S , NO) з курячого посліду ($M \pm m$, $n=3$)

Варіант досліду	Доза біопрепарату Капелюхів Яроч, г/м ³	Період досліду, доба			
		17-та	20-та	23-тя	26-та
CH_4 , л/м ³					
I (контроль)	–	530 ± 2,89	535 ± 2,03	545 ± 1,86	550 ± 1,15
II	75	533 ± 1,45	471 ± 2,08***	469 ± 2,33***	466 ± 3,06***
III	150	535 ± 2,03	465 ± 2,03***	463 ± 2,33***	455 ± 3,28***
IV	225	536 ± 2,08	462 ± 1,73***	457 ± 1,67***	450,5 ± 2,75***
CO_2 , л/м ³					
I (контроль)	–	384 ± 4,1	389 ± 3,0	390 ± 5,51	395 ± 2,08
II	75	387 ± 2,03	343 ± 2,73***	336 ± 1,76***	334,5 ± 1,76***
III	150	388 ± 1,20	339 ± 2,33***	332 ± 2,73***	326,5 ± 2,36***
IV	225	389 ± 2,33	336 ± 2,08***	328 ± 2,33***	323,5 ± 2,18***
NH_3 , мг/м ³					
I (контроль)	–	357,0 ± 60,88	305,7 ± 54,79	276,2 ± 2,74	226,8 ± 4,79
II	75	354,9 ± 41,19	260,6 ± 41,25	226,9 ± 6,64**	189,7 ± 15,65
III	150	362,0 ± 60,65	231,4 ± 58,28	199,8 ± 9,68**	167,3 ± 9,93**
IV	225	362,0 ± 58,20	221,2 ± 53,69	188,5 ± 53,15	159,9 ± 15,13*
H_2S , мг/м ³					
I (контроль)	–	120,9 ± 1,1	91,5 ± 5,8	65,2 ± 1,33	45,4 ± 1,62
II	75	120,5 ± 4,99	81,7 ± 5,48	55,6 ± 4,73	40,8 ± 7,73
III	150	121,4 ± 4,85	78,5 ± 5,17	54,8 ± 5,95	39,2 ± 5,57
IV	225	120,2 ± 4,99	77,0 ± 5,57	53,3 ± 5,8	38,3 ± 0,44*
NO , мг/м ³					
I (контроль)	–	145,0 ± 0,95	126,7 ± 0,67	104,7 ± 0,76	82,2 ± 1,07
II	75	144,7 ± 0,20	115,9 ± 3,96	94,8 ± 3,5	75,3 ± 2,33
III	150	145,4 ± 0,52	113,4 ± 3,42*	92,9 ± 4,6	74,1 ± 2,54*
IV	225	144,0 ± 0,33	113,0 ± 3,52*	92,6 ± 6,87	73,3 ± 3,31

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

застосуванням біопрепарату Капелюхів Яроч у різних дозах — 75–225 г/м³ за анаеробної ферментації курячого посліду (*in vitro*) знижувалася, залежно від доби експерименту, а саме: на 20-ту добу — на 9,8–14,5 мг/м³ (10,7–15,8%), на 23-тю добу — 9,6–11,9 мг/м³ (14,7–18,3%), а на 26-ту добу — на 4,6–7,1 мг/м³ (10,1–15,6%) (P<0,05) щодо контролю.

Спираючись на результати експериментальних досліджень, слід зазначити, що рівень виділення оксиду азоту зі зброденного субстрату за додавання біопрепарату Капелюхів Яроч у дозах 75–225 г/м³, залежно від доби досліджень, знижувався

відповідно до контролю, на 10,8–13,7 мг/м³ (8,5–10,8%) (P<0,05) — 20-та доба; на 9,9–12,1 мг/м³ (9,5–11,6%) — 23-тя доба, на 6,9–8,9 мг/м³ (8,4–10,8%) (P<0,05) — 26-та доба дослідження.

Отже, найефективніший вплив на зменшення рівня емісії аміаку, сірководню та оксиду азоту з курячого посліду (*in vitro*) в динаміці проведення експериментальних досліджень виявлено на 23-тю добу в усіх дослідних варіантах із застосуванням біопрепарату Капелюхів Яроч.

Експериментально підтверджено та науково обґрунтовано, що додавання біопрепарату Капелюхів Яроч за анаеробного

бродиння курячого посліду (*in vitro*), незалежно від дози — 75 г/м³; 150 і 225 г/м³ має ефективний вплив на зниження обсягу виділення шкідливих газів — CH₄, CO₂, NH₃, H₂S, NO впродовж досліджуваного періоду. Зокрема, збільшення дози досліджуваного препарату удвічі (150 г/м³) зумовлювало зменшення показників досліджуваних газів із досліджуваного субстрату в деяких варіантах і до 9,8% щодо мінімальної дози (75 г/м³). Водночас 3-разове підвищення дози препарату

(225 г/м³) за анаеробного бродиння курячого посліду сприяло зниженню рівня виділення газів на 0,3–4,1%, порівняно із середньою використаною дозою (150 г/м³), тобто не мало істотного впливу й економічно недоцільно.

Отже, спираючись на результати експериментальних досліджень, вважаємо, що біопрепарат Капелюхів Яроч доцільно використовувати для зниження емісії шкідливих газів у навколишнє природне середовище під час зберігання курячого посліду.

Висновки

Установлено ефективний вплив на рівень виділення шкідливих газів — CH₄, CO₂, NH₃, H₂S, NO з курячого посліду різних доз біопрепарату Капелюхів Яроч за мезофільного режиму бродиння в анаеробних умовах *in vitro*. Внесення у досліджуваній субстрат різних доз цього препарату, залежно від доби експерименту (20–26-та доба) зумовлює зниження емісії CH₄ і CO₂ на 11,9–18,1%, NH₃ — 14,7–31,8, H₂S — 10,1–18,3, а NO — на 8,4–11,6%. Отже, експериментальні дослідження підтверджують перспективність використання

біопрепарату Капелюхів Яроч для мінімізації емісії шкідливих газів з курячого посліду.

У перспективі планується провести експериментальні дослідження процесу анаеробного збродиння курячого посліду (*in vivo*) при застосуванні біопрепарату Капелюхів Яроч у лагунах, гноєсховищах, гноєтранспортерах тощо та здійснити пошук ефективних засобів для зменшення емісії шкідливих газів з побічної продукції тваринного походження в навколишнє природне середовище.

Vorobel M.¹, Kaplinskyi V.², Klym O.³, Dmyrotso A.⁴, Telushko H.⁵

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, 5 Hrushevskoho Str., vil. Obroshyne, Lviv region, Lviv oblast, 81115, Ukraine; e-mail: ¹vorobel-mariia@gmail.com, ²vasyl.kaplinskyi@gmail.com, ³klum-oleg@ukr.net, ⁴andrianadmitroca@gmail.com, ⁵telushko@ukr.net; ORCID: ¹0000-0003-4387-4173, ²0000-0002-0138-9957, ³0000-0002-6330-8489, ⁴0000-0003-3304-3691, ⁵0000-0001-8231-7922

The efficiency of influence of different doses of biological preparation of Kapeliukhiv Yarok on the level of emission of harmful gases from chicken manure

Goal. To establish the effectiveness of the effects of different doses of the biological product Kapeliukhiv Yarok on the level of gases — methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), ammonia (NH₃), hydrogen sulfide (H₂S), and nitric oxide (NO) — from chicken manure during anaerobic digestion (*in vitro*). **Methods.** The research was conducted using laboratory, analytical and mathematical-statistical methods. Laboratory methods — to determine the level of emissions of harmful gases from chicken

manure using different doses of the biological product Kapeliukhiv Yarok; analytical — to analyze and justify the results; mathematical and statistical — to assess the reliability of results. **Results.** After the addition of the biological product Kapeliukhiv Yarok to the fermented chicken manure, depending on the dose, a decrease in anaerobic fermentation processes was observed during the study period, which is confirmed by a decrease in pH to 6.9–6.55 units. Simultaneously with the lower pH level in the fermented substrate when using the biological product Kapeliukhiv Yarok, in the studied doses depending on the day of the experiment (20–26-th day) in the mesophilic regime of anaerobic fermentation (*in vitro*) a decrease was observed in CH₄ and CO₂ emissions by 11.9–18.1 %, NH₃ — 14.7–31.8, H₂S — 10.1–18.3, and NO — by 8.4–11.6% relative to control. **Conclusions.** The effect of different doses — 75 g/m³, 150, and 225 g/m³ of the biological product Kapeliukhiv Yarok on the reduction of gas emissions (CH₄, CO₂, NH₃, H₂S, and NO) during anaerobic fermentation (*in vitro*) has been experimentally proven and scientifically substantiated. Studies indicate the possibility of

using the biological product Kapeliukhiv Yarak to reduce emissions of harmful gases and prevent environmental pollution during the storage of manure on poultry farms in storage (lagoons).

Key words: poultry farming, methane, carbon dioxide, ammonia, hydrogen sulfide, nitric oxide, anaerobic fermentation.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202202-09>

Бібліографія

1. Ляшенко М.В. Екологічна парадигма локалізації виробництва продукції тваринництва. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 11. С. 70–75.
2. Михайлов А.П. Сучасний стан та перспективи розвитку аграрного сектору економіки України. *Науковий вісник УМО (серія «Економіка та управління»)*. 2016. № 1.
3. Caro D. Greenhouse Gas and Livestock Emissions and Climate Change; *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2019. V. 1. P. 228–232. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22012-X
4. Дутка Д.І. До питання поводження з органічними відходами птахофабрики. *Екологія та сталий розвиток: матеріали III наук.-практ. конф.* (м. Маріуполь, 22–23 лютого 2018 р.). Маріуполь: ДонДУУ, 2018. С. 78–81.
5. Бойко І.А. Екологічні проблеми птахівництва та напрями їх вирішення. *Проблеми економіки підприємств в сучасних умовах: матеріали XI міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Київ, 21–22 травня 2015 р.). Київ: НУХТ, 2015. С. 205–207.
6. Бінюковська 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.
7. Ходорчук В.Я., Алісева І.В., Марткопльшвілі М.М. Мінімізація емісії парникових газів у сільському господарстві. *Аграрний вісник Півдня*. 2014. № 1. С. 168–173.
8. Захаренко М.О., Коваленко В.О., Яремчук О.С., Пироженко Ю.В. До питання розрахунку викидів парникових газів відходів тваринництва. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 63–70.
9. Smith P., Martino D., Cai Z. et al. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2008. V. 363. P. 789–813. doi: 10.1098/rstb.2007.2184
10. Johnson J.M.-F., Franzluebbers A.J., Weyers S.L., Reicosky D.C. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions: Review. *Environmental Pollution*. 2007. V. 150. P. 107–124. doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.030
11. Tubiello F.N., Salvatore M., Córdor Golec R.D. et al. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 Analysis. FAO Statistics Division, Working Paper Series ESS/14-02. FAO 2014. 89 p. doi: 10.13140/2.1.4143.4245
12. Стасів О.Ф., Котько Н.М. Агровиробничі ризики та можливості глобальних змін клімату для розвитку сільськогосподарського сектору України. *Scientific Collection «InterConf»*. 2020. № 3 (39). С. 162–164.
13. Сахацький М. Наукове забезпечення галузі птахівництва. *Тваринництво України*. 2001. № 4. С. 15–16.
14. Канда М., Мальований М., Одноріг З. Мінімізація екологічної небезпеки від забруднення довкілля в зоні діяльності птахофабрик. *Сталий розвиток — стан та перспективи: міжнар. наук. симпозіум* (м. Львів, Славське, 28 лютого — 3 березня 2018 р.). Львів, Славське, 2018. С. 145–146.
15. Bernal M.P., Lopez-Real J.M. Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent materials. *Biores. Technol.* 1993. № 43. P. 27–33. doi: 10.1016/0960-8524(93)90078-P
16. Schneider A.F., De Almeida D.S., Yuri F.M. et al. Natural zeolites in diet or litter of broilers. *British Poultry Science*. 2016. V. 57. № 2. P. 257–263. doi: 10.1080/00071668.2016.1150962
17. Воробель М.І., Каплінський В.В., Клим О.Я., Дмитроца А.І. Емісія парникових газів у курячому посліді при застосуванні природних сорбентів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (1). С. 169–182. doi: 10.32636/01308521.2021-(69)-1-11
18. Кизь Т.В. Емісія аміаку у пташнику при додаванні до підстилки різних реагентів. *Птахівництво*. 2010. Вип. 65. С. 127–138.
19. Мельник О.В., Кизь Т.В., Ципляк О.В., Рябініна О.В. Технологічні прийоми покращення мікроклімату у пташнику при утриманні індиків на підстилці. *Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*. 2013. Вип. 132. С. 434–443.
20. Скляр О.В., Скляр Р.В., Григоренко С.М. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. *Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка*. 2019. Вип. 199. С. 267–275.
21. Солук Г.С., Буцяк В.І., Буцяк А.А. Біотехнологія виробництва біогазу з відходів сільськогосподарського виробництва. *Наук. вісн. ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького*. 2015. Т. 17. № 3 (63). С. 312–319.