


## ЕКОЛОГІЯ

УДК 636.5:502/.504

## Екологічні проблеми промислового та органічного птахівництва (огляд)

Каркач П.М. , Машкін Ю.О., Фесенко В.Ф.

Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: kpm54@ukr.net

Каркач П.М., Машкін Ю.О., Фесенко В.Ф. Екологічні проблеми промислового та органічного птахівництва (огляд). Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 145–158.

Karkach P., Mashkin Y., Fesenko V. Environmental problems of industrial and organic poultry farming. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 145–158.

Рукопис отримано: 18.04.2023 р.  
Прийнято: 02.05.2023 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-145-158

Птахівництво, використовуючи сучасні інтенсивні методи ведення сільського господарства, є однією з найефективніших галузей тваринництва, що забезпечує харчову безпеку значної частини населення земної кулі. В умовах промислового птахівництва найбільша частка світового виробництва (до 98 % м'яса та 92 % яєць) припадає на м'ясо курчат-бройлерів (меншою мірою – м'ясо індиків, качок, гусей та ін.), а також на харчові яйця, отримані від сучасних яєчних кросів курей. Світовий обсяг виробництва м'яса птиці оцінюють у 137,8 млн т та яєць – у 86,3 млн метричних т у 2021 р. зі стійким зростанням щороку. Враховуючи побажання споживачів, європейські країни все масовіше переходять на виробництво органічної продукції птахівництва, вважаючи, що таким чином можуть якнайкраще задовольнити вимоги споживачів, які базуються на трьох основних вимірах оцінки якості: 1) безпечність місць утримання птиці; 2) безпечність органічної продукції для здоров'я людини; 3) безпечність виробництва органічної продукції для навколишнього середовища. Покращення умов утримання птиці направлено на використання екстенсивних виробничих систем, таких як органічні системи, системи вільного виходу з нижчою щільністю посадки. Такі системи утримання набувають дедалі більшої популярності, особливо в Європейському Союзі, і направлені на поліпшення умов ведення сільського господарства і благополуччя птиці, зменшення впливу на навколишнє середовище і підвищення стійкості галузі. Однак як інтенсивні методи вирощування за промислового, так і органічного птахівництва, вони призводять до значного впливу на здоров'я людини та на навколишнє природне середовище. Відходи, такі як пташиний послід і використана підстилка, пов'язані з викидами амоніаку, оксиду азоту та метану, впливають на глобальні викиди парникових газів, становлять серйозну загрозу для довкілля і здоров'я людини. Відходи птахівництва можуть містити залишки пестицидів, хвороботворні мікроорганізми, фармацевтичні препарати (антибіотики), гормони, метали, макроелементи (у неправильних співвідношеннях) та інші забруднювальні речовини, що можуть призвести до забруднення повітря, ґрунту та води, а також до утворення штамів, стійких до протимікробних препаратів багаточисельної лікарської стійкості. Проведений аналіз свідчить, що промислове птахівництво, з точки зору екологічної безпеки, може бути більш контрольованим, ніж органічне.

**Ключові слова:** промислове та органічне птахівництво, стан навколишнього середовища, екологічна безпека, забруднення повітря, ґрунту, води, забруднювальні речовини.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Починаючи з 1974 року, ріст населення Землі збільшувався кожні 12–14 років на 1 млрд і на початок 2023 року становить 8,07 млрд чоловік [76]. Останні прогнози ООН показують, що населення світу може зрости приблизно до 8,5 млрд у 2030 році та до 9,7 млрд – у 2050 році. Піку – приблизно в 10,4 млрд осіб – ріст населення може досягти протягом 2080-х років і залишатися на цьому рівні до 2100 року [79]. У зв'язку з цим попит на продукти харчування тваринного походження постійно зростає. При цьому важливим є питання виробництва тваринних білків найдешевшим способом і в найкоротші терміни.

Птахівництво, використовуючи сучасні інтенсивні методи ведення сільського господарства, є однією з найефективніших галузей тваринництва, що забезпечує харчову безпеку значної частини населення Земної кулі. В умовах промислового птахівництва найбільша частка світового виробництва (до 98 % м'яса та 92 % яєць) припадає на м'ясо курчат-бройлерів (меншою мірою – м'ясо індиків, качок, гусей та ін.), а також на харчові яйця, отримані від сучасних яєчних кросів курей [52]. Світовий обсяг виробництва м'яса птиці оцінюють у 137,8 млн т та яєць – у 86,3 млн метричних т у 2021 р. зі стійким зростанням щороку [9, 17, 35]. Однак такі інтенсивні методи вирощування призводять до значного впливу на здоров'я людини та на навколишнє середовище [27].

Щоб зробити стійкий внесок у продовольчу безпеку перед галуззю птахівництва стоїть завдання: підвищити рівень виробництва, зменшуючи вплив на навколишнє середовище і залишаючись при цьому економічно життєздатною та соціально відповідальною. Ці вимоги стосуються як традиційного промислового птахівництва (утримання в кліткових батареях), так і органічного (вільно-вигульна система утримання). Більшість поголів'я птиці, включно з бройлерами (яких розводять для виробництва м'яса) і несучками (яких використовують для виробництва яєць), вирощується на фермах промислового інтенсивного виробництва. Таке промислове птахівництво зі стадами, що налічують від кількох тисяч до кількох сотень тисяч голів, ведеться здебільшого в закритих приміщеннях відкритого типу або в багатоярусних клітках з автоматичними системами годівлі й напування [52] і дуже високою щільністю утримання птиці (33 кг/м<sup>2</sup> і вище) [31]. Це призводить до значного впливу на довкілля через інтенсивний спосіб виробництва.

Враховуючи тенденції збільшення розвитку органічного птахівництва у європейських

країнах, метою наших досліджень було проведення порівняльного аналізу екологічної безпеки та наслідків впливу на навколишнє середовище і населення при виробництві продукції промислового та органічного птахівництва.

**Матеріали і методи досліджень.** Матеріалом для роботи став порівняльний аналіз статистичних даних, постанов уряду, наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів, які стосуються екологічних проблем промислового та органічного птахівництва.

**Результати дослідження та обговорення.** Інтенсивне виробництво продукції птахівництва призводить до викидів, які впливають на різні компоненти навколишнього середовища, включаючи повітря, воду і ґрунт. Оскільки промислове птахівництво має справу з поголів'ям від кількох тисяч до кількох сотень тисяч голів птиці, яке утримується в одному або декількох пташниках, розташованих на птахофабриці в безпосередній близькості один від одного, воно може бути значним фізичним, хімічним і мікробним джерелом забруднення довкілля. Механічна вентиляція в таких приміщеннях спрямована на забезпечення птиці свіжим повітрям. Однак разом з повітрям в навколишнє середовище потрапляє значна кількість забруднювальних речовин, що утворюються від птиці, посліду або корму. Це може призвести до значного забруднення навколишнього середовища. Ці викиди можуть різнитися, залежно від типу пташника (проекткування та його експлуатації), умов утримання, сезону року, напряму вітру та погодних умов [39, 68].

Як правило, рівень викидів парникових газів галузі птахівництва (оксидів вуглецю і азоту, метану, амоніаку) пов'язаний із поведінкою із послідом птиці [48]. Ґрунтуючись на оглядовій літературі, Anderson et al. (2021) зазначають, що аеробні умови у випадку твердої підстилки з пташників призводять до мінімальних викидів метану з її поверхні [3]. Викиди оксидів азоту здебільшого відбуваються під час зберігання та польового застосування використаної підстилки шляхом процесу нітрифікації та денітрифікації ( $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ ). У звіті про інвентаризацію викидів Європейського союзу зазначено, що 92 % викидів амоніаку в ЄС у 2017 році були пов'язані із сільським господарством [77].

Дотримання нормативних параметрів мікроклімату в умовах інтенсивного промислового птахівництва передбачає вентиляцію пташників, яка забезпечує надходження свіжого повітря і звільнення від забрудненого газом та пилом повітря. Пил, що викидається з пташника, містить фрагменти пір'я і шкіри, фека-

лії, частинки корму, мікроорганізми та інші хімічні речовини (наприклад, фармацевтичні препарати) [31]. До складу пилу входять тверді частинки (ТЧ) з аеродинамічним діаметром від 0,001 до 100 мкм, які розділяються на різні фракції:  $ТЧ_{10}$  ( $\leq 10$  мкм),  $ТЧ_{2,5}$  ( $\leq 2,5$  мкм) і  $ТЧ_{0,1}$  ( $\leq 0,1$  мкм) [2]. Вдихання пташиного пилу може призвести до запалення та респіраторних захворювань, що негативно позначається на здоров'ї птиці, а також на здоров'ї працівників ферми та мешканців, які проживають у районах, прилеглих до ферм.

Газоподібний амоніак в атмосфері сприяє утворенню дрібних твердих частинок, що переносяться повітрям ( $ТЧ_{2,5}$ ), унаслідок реакцій з водяною парою та іншими забруднювачами повітря, такими як двоокис сірки ( $SO_2$ ) або оксиди азоту ( $NO$  і  $NO_2$  або  $NO_x$ ). Відмінності між рівнями аміаку пов'язані із застосовуваними методами утримання, обладнанням, а також видом птиці та її віком. Контроль викидів амоніаку може знизити концентрацію  $ТЧ_{2,5}$  в атмосферному повітрі, і ці значення можуть бути в межах місцевих стандартів якості навколишнього середовища для птахофабрик [72]. На поверхні твердих частинок (ТЧ) можуть адсорбуватися різноманітні хімічні сполуки: йони важких металів, леткі органічні сполуки, неорганічні йони ( $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ), пахучі сполуки (здебільшого сполуки, що містять азот чи сірку), антибіотики, а також алергени [23].

Ще одна проблема, яка може негативно позначитися на здоров'ї та якості життя працівників і навколишнього населення, це різкі запахи. Запахи є значним видом газоподібних забруднень інтенсивного птахівництва, які виникають у результаті діяльності анаеробних та аеробних мікробів під час розкладання відходів (первинної підстилки). Відходи птахівництва містять, серед іншого, органічні тверді частинки, леткі жирні кислоти, сполуки сірки ( $H_2S$ , меркаптани) та азоту ( $NH_3$ ), що викидаються в повітря у вигляді сполук із неприємним запахом [8].

Птахофабрики виділяють різкі запахи, які містять диметиламін, амоніак, кетони, альдегіди, органічні кислоти та інші сполуки, які можуть чинити несприятливий вплив на якість життя та здоров'я сільськогосподарських робітників і населення [55]. Проведена у Польщі порівняльна оцінка корівника і пташника за коефіцієнтом емісії запаху (виражений на кг маси тіла тварини) показала, що середня концентрація запаху в пташнику була на 18 % нижчою, ніж на фермі молочної худоби [68]. Аналогічний рівень концентрації запаху було визначено при відгодівлі бройлерів у Німеччині [77].

Мінливість утворення запаху залежить від активності птахів, щільності посадки, рН, вентиляції, температури та вологості підстилки та повітря. Виділення запаху є однією з основних проблем птахівництва, оскільки завдає незручності навколишнім спільнотам, що призводить до скарг та протестів. Ще однією важливою областю досліджень є ідентифікація та кількісна оцінка пахучих сполук. Найбільш поширеними пахучими сполуками, що виділяються птахофабриками, є: диметилсульфід (ДМС), диметилдисульфід (ДМДС), диметилтрисульфід (ДМТС), н-гексан, оцтова кислота, 2,3-бутандіон, метанол, етанол, 1-бутанол, 2-бутан-1-ол, 3-метил-1-бутанол, 3-метил-1-бутаналь, ацетон, 2-бутанон і 3-гідрокси-2-бутанон [28].

Забруднене повітря з птахофабрик може бути джерелом як сапрофітних, так і потенційно патогенних мікроорганізмів, що виділяються в атмосферне середовище [26]. Деякі дослідження показали, що кількість мікроорганізмів у повітрі може підвищуватися навіть на відстані до 3000 м від тваринницьких ферм [25]. Кількість бактерій і грибків у пташниках (як у бройлерів, так і у курей-несучок) може бути дуже високою, коливатись від  $3,6 \times 10^3$  КУО м<sup>-3</sup> (колонієутворюючих одиниць на м<sup>3</sup>) і збільшуватися з ростом птиці [40]. Крім того, встановлені сезонні коливання, тому що у більш спекотні місяці, зазвичай, потрібна додаткова вентиляція. Plewa та Lonc (2011) показали, що між зимовим та літнім періодами різниця у кількості мікроорганізмів навколо пташника становила приблизно у 100 разів для гетеротрофних бактерій та грибів і до 1000 разів – для стафілококів [62]. Крім кількості мікроорганізмів, що викидаються під час вентиляції пташника, важлива також їхня різноманітність. Беручи до уваги метагеномні дослідження, із пташників виділяється велике розмаїття мікроорганізмів. В осілому пилу курника було зареєстровано 139 родів бактерій і 107 родів грибів, тимчасом як у пташнику було виявлено 293 роди бактерій [83]. В атмосферному повітрі також було ідентифіковано потенційні патогени, такі як маніт-позитивні стафілококи ( $10^{1-10}$  6 КУО м<sup>-3</sup>) і бактерії з роду *Enterobacteriaceae* ( $10^2 - 10^5$  КУО м<sup>-3</sup>) [15].

Крім того, в деяких випадках було підтверджено присутність стійких до антибіотиків бактерій, таких як бета-лактамази розширеного спектру *Enterobacteriaceae* і метицилін-резистентний золотистий стафілокок. Штами бета-лактамази було виявлено в промивних та стічних водах, пилу, ґрунті, мухах та повітрі пташників, тимчасом як у зовнішньому повітрі

досліджених будівель таких бактерій не було виявлено [12]. Аналогічно, присутність штамів метицилін-резистентного золотистого стафілококу було підтверджено всередині пташника ( $5,2 \times 10^3$  ДЕ м<sup>-3</sup>), водночас у повітрі на відстані 150 м бактерій виявлено не було [30].

Бройлери та кури-несучки в системах інтенсивного вирощування також схильні до бактеріальних та вірусних інфекцій верхніх дихальних шляхів. Передача збудника найчастіше відбувається повітряно-краплинним шляхом за прямого контакту із зараженою птицею, фекаліями, підстилкою або зараженим обладнанням. Якщо заходи біологічної безпеки недостатні, персонал ферми та ветеринари можуть діяти як пасивні переносники шкідливих біологічних агентів. Серед збудників, що спричиняють найбільші економічні збитки, виділяють вірус інфекційного бронхіту [7], пташину патогенну кишкову паличку, що спричиняє колібактеріоз [59], та вірус інфекційного ларинготрахеїту [88].

Підприємства галузей тваринництва (в т.ч. і птахівництва) також мають значний вплив на забруднення поверхневих вод у зоні їх розміщення. Базове оцінювання впливу на поверхневі води виконують шляхом визначення фізико-хімічних показників якості, таких як розчинений кисень, рН, загальний уміст завислих речовин, біохімічне споживання кисню, амонійний азот (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), нітрити (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) та фосфати (PO<sub>4</sub><sup>3+</sup>). Повідомлялося, що внесення пташиного посліду на пасовища та орні землі є неточковим джерелом азоту та фосфору, що спричиняє забруднення води нижньої течії через поверхневі шляхи або підземне вилугування. Середньорічна зважена концентрація азоту знаходилася в діапазоні від 10 мг л<sup>-1</sup> до 70 мг л<sup>-1</sup> за річних втрат азоту 60-70 % та фосфору 2–20 %. [10]. Забруднення водою поживними речовинами (наприклад, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>3</sub>-N з гною, відходів птахо- та молочних ферм, сільськогосподарських добрив) спричиняє небезпечне цвітіння ціанобактерій, яке збільшує смертність риб, втрату біорізноманіття, неприємний запах води і може негативно вплинути на здоров'я людини [20]. Крім того, на підставі проведених досліджень, присвячених впливу сільського господарства на викиди металів у різні водні середовища, було встановлено, що птахофабрики у штаті Міссісіпі (США) визначені як точкові джерела надлишкового миш'яку та нітратів [60].

Значною екологічною проблемою як у птахівництві, так і в інших галузях тваринництва, є велика група важливих антропогенних сполук, якими є фармацевтичні препарати. Вони

пов'язані, зокрема, із виникненням лікарської стійкості мікроорганізмів, присутніх у навколишньому середовищі. Фармацевтичні препарати, що вводяться птиці, зазвичай виділяються з їх послідом. За правильного збирання та зберігання у сховищах посліду або використаної підстилки вони не потрапляють у поверхневі води. Однак у деяких випадках вони можуть безпосередньо виділятися у водні екосистеми, наприклад качками чи гусьми, або просочуватися через неправильне поводження та зберігання. Мало того, використання посліду птиці як добрива для ґрунту є шляхом поширення фармацевтичних препаратів через їх стійкість у навколишньому середовищі, включаючи водні простори [70]. Їх виникнення пов'язане з розвитком стійких до антибіотиків бактерій. Charuaud et al. (2019) зібрали дані про рівні концентрації в навколишньому середовищі та поведінку антибіотиків, які найчастіше використовуються в Європі [21]. Найчастіше використовуються у птахівництві та ветеринарії такі антибіотики, як пеніциліни, тетрацикліни та сульфаніламід, споживання яких становить 31 %, 27 % та 10 % усіх застосовуваних антибіотиків, відповідно [20]. Щодо поширеності в навколишньому середовищі, то найбільш поширеними є сульфаніламід, макролід та полікетиди лактонів (еритроміцин), інгібітори дигідрофолатредуктази (триметоприм), хінолони/фторхінолони (ципрофлоксацин), тетрацикліни та нітроїміда. Вони були виявлені в стічних і поверхневих водах у концентраціях від нг л<sup>-1</sup> до мкг л<sup>-1</sup> [57].

Фармацевтичні препарати, що використовуються для людей, або ветеринарні препарати не повністю засвоюються, а відсоткова частка (від 30 до 90 %) виводиться у незміненому вигляді у навколишнє середовище [70]. Дослідження вмісту антибіотиків у пробах стічних вод показало, що вони переважно виявляються у стічних водах тваринництва (78±21 %), що підтвердило їх широке застосування у цій галузі. Крім того, у пробах стоків спостерігалось невелике збільшення частки антибіотиків (77±34 %) [73]. У типових очисних спорудах антибіотики частково видаляються, але в деяких випадках також можуть спостерігатися продукти розкладання, які, незважаючи на традиційні та сучасні методи очищення стічних вод, можуть бути більш токсичними, ніж вихідні сполуки зокрема: 38,9 % – макроліди, 16,7 % – сульфаніламід, 11,1 % – фторхінолони. Також у неочищених стічних водах виявлені концентрації енрофлоксацину перевищували його прогнозовані значення неефективних концентрацій (0,064 мкг л<sup>-1</sup>), ймовірно, через

недостатню тривалість періоду відміни після застосування антибіотиків [71]. Джерелами забруднення води можуть бути також пестициди (наприклад, імазаліл), які використовуються як дезінфікувальні засоби для господарських будівель, у тому числі пташників [16].

Крім того, в поверхневих водах, забруднених фекаліями тварин (в основному, диких птахів та птахівничих господарств з високою щільністю посадки), спостерігається *Campylobacter* spp (*C. jejuni* і *C. coli*), який було виявлено у 66 % проб поверхневих вод, відібраних у Нідерландах, що свідчить про широку присутність цих патогенів у поверхневих водах внаслідок фекального забруднення. На відміну від більшості джерел тваринного походження, європейські поверхневі води були в основному забруднені *C. coli*, при цьому співвідношення виділення *C. coli* і *C. jejuni* становило приблизно 3:1. Ці мікробіологічні агенти спричиняють понад 90 % випадків кампілобактеріозу людини, а штами *Campylobacter*, асоційовані із свійською птицею, в основному ідентифікуються у місцях очисних споруд та в районах з високою кількістю птахівничих ферм [51].

Інтенсифікація птахівництва стимулювала збільшення обсягу утворюваних органічних відходів у тому числі від посліду птиці та підстилки з послідом, які часто виробляються в кількостях більших, ніж ті, що необхідні для удобрення місцевих сільськогосподарських угідь. Відповідно до Регламенту ЄС про побічні продукти тваринного походження [33], послід є побічним продуктом тваринного походження і визначається як «будь-які екскременти та/або сеча сільськогосподарських тварин, крім риби, що вирощується, з підстилкою або без неї». Суміш пташиного посліду з кормовими відходами, пір'ям та підстилковими матеріалами, такими як деревна стружка або тирса, називається пташиним послідом. Обидва побічні продукти тваринного походження містять необхідні поживні речовини для рослин, такі як N, P і K [29]. Обсяг і якість посліду, що виробляється, визначаються кількістю і видом птиці. Оцінки річного виробництва посліду становлять 1,13 кг для бройлерів, 9,1–13,6 кг – для курей-несучок, 20 кг – для батьківського стада бройлерів та 3,6 кг – для ремонтного молодняка яєчних курей [66]. Склад пташиного посліду та посліду з підстилковим матеріалом варіюється, залежно від кількох факторів: типу вирощування (кліткове чи підлогове утримання), складу кормів, виду та кількості підстилкового матеріалу, щільності посадки птиці у пташнику, тривалості вирощування у пташнику та сезонності [29, 53]. Значне неконтро-

льоване збільшення обсягу пташиного посліду може становити серйозну загрозу для якості ґрунту та води. Тому надлишкові кількості часто вимагають зберігання, транспортування та переробки, стаючи побічними продуктами відходів, які необхідно нейтралізувати, щоб запобігти забрудненню повітря, ґрунту і води та нівелювати негативний вплив на здоров'я людини [29, 31].

Пташиний послід десятиліттями використовували як недороге органічне добриво, що позитивно впливало на ріст і врожайність різних сільськогосподарських культур і сприяло відновленню екологічних функцій ґрунту [44, 49]. Ступінь впливу перегною на якість ґрунту залежить від його фізичних та хімічних властивостей, управління, норми та часу внесення, типу ґрунту та клімату [33, 53]. В цілому його використання позитивно впливає на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту завдяки високому вмісту органічної речовини (ОР) та поживних речовин [4]. Так, пташиний послід містить у собі 4–6 % азоту, тимчасом як гній від корів – тільки 0,5–0,7 %. Тому внесення його у ґрунт повинно бути більш контрольованим. Прикладом тому є проведення тесту щодо реакції дощових черв'яків на рівень вмісту пташиного посліду в ґрунті, порівняно з контрольним ґрунтом, в якому він відсутній. Автори спостерігали 100 % поведінку уникнення дощових черв'яків навіть за найнижчої норми (50 г/кг) внесення у ґрунт, припускаючи, що присутність посліду сильно відштовхує їх від цього довкілля і вказує на можливу втрату функції середовища мешкання. За вищих концентрацій (вище 250 г/кг), спостерігалася 52 % смертність та морфологічні зміни мертвих черв'яків [36, 61].

Пташиний послід також може містити значну кількість забруднювальних речовин, таких як залишки пестицидів, гормони, антибіотики, патогени та важкі метали, наявність яких знижує можливість використання його в чистому вигляді як добрива [50]. Багаторазове тривале застосування забрудненого пташиного посліду може призвести до накопичення забруднювальних речовин у сільськогосподарських ґрунтах, підвищення їх потенційної біодоступності і токсичності в навколишньому середовищі, що впливає на глобальні викиди парникових газів, а також на здоров'я птиці і людини. Послід та використана підстилка можуть містити залишки макроелементів (у неправильних співвідношеннях) та інші забруднювальні речовини, що можуть призвести до забруднення повітря, ґрунту та води, а також утворення штамів, стійких до протимікробних препаратів. Азот з по-

сліду виділяється як у вигляді органічних, так і неорганічних сполук, зокрема: присутній у вигляді сечової кислоти (від 40 до 70 %), амонію (від 4 до 20 %), сечовини (від 4 до 12 %) та азоту кормового білка (від 10 до 40 %). Невеликі кількості азоту також присутні у формі креатину [5]. Викиди азоту з посліду включають чотири основні форми: амоніак ( $\text{NH}_3$ ), діазот ( $\text{N}_2$ ), закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) та нітрати ( $\text{NO}_3^-$ ). Фосфор в основному викидається у вигляді фосфатів ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) [64].

Загалом, незважаючи на достатні знання про склад посліду, його вплив на якість ґрунту та удобрювальну здатність, все ще є дуже мало інформації про поведінку фармацевтичних препаратів (антибіотиків), отриманих із пташиного посліду, у ґрунті та натуральних добривах, а також про їх потенційний вплив на ґрунтове середовище. За рекомендаціями науковців, необхідно проводити регулярний моніторинг складу пташиного посліду перед його внесенням у сільськогосподарські угіддя [61].

Найважливішою екологічною проблемою під час виробництва продукції як промислового, так і органічного птахівництва, є негативний вплив на здоров'я людини. Незалежно від того, чи відбувається виробничий процес на спеціалізованих птахофабриках з інтенсивною системою утримання, чи у невеликих господарствах, його характер часто пов'язаний з тривалим перебуванням працівників в умовах сильного біологічного забруднення. На кожному етапі вирощування птиці, в тому числі в племінних стадах, інкубаційних цехах або товарних стадах, спостерігають розвиток та поширення широкого спектру мікроорганізмів. Основну небезпеку для здоров'я працівників цієї професійної групи становить органічний пил, який містить, крім мінералів ґрунтового походження, осілі пилові частинки (корму, підстилки, екскрементів, фрагменти пір'я або епідермісу, що відшарувався), мікроорганізми (бактерії, гриби, віруси), шкідливі гази ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) і хімічні частинки (наприклад, від добрив, пестицидів або дезінфікувальних засобів) [6]. У науковій літературі показано, що тривала дія шкідливих біологічних агентів, що містяться в пилу тваринного або рослинного походження, може призвести до виникнення багатьох порушень та захворювань органів дихання, у тому числі хронічної обструктивної хвороби легень, бронхіальної астми, хронічного бронхіту, гіперреактивності, алергічного альвеоліту, токсичного синдрому органічного пилу (ODTS), а також подразнення слизових оболонок, кон'юнктиви і шкіри [67].

Крім того, за останні 15 років серйозною проблемою не тільки у птахівництві (через величезні економічні втрати), а й для громадської охорони здоров'я, став вірус пташиного грипу [86]. Природним резервуаром цього вірусу є птиця, яка гребеться в землі (кури, індики), а також дикі птахи, які можуть переносити його на великі відстані. З 1997 р., коли епізоотичний вірус пташиного грипу подолав видовий бар'єр, майже в усьому світі було зареєстровано випадки зараження людини високопатогенними штамами вірусу, які раніше зустрічались тільки у птахів (наприклад, A/H5N1 та A/H7N7) [69]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), до кінця 2020 року у світі було виявлено 862 випадків захворювання, з яких 455 (52,8 %) закінчилися смертю інфікованих [86]. Основним шляхом поширення пташиних вірусів є повітря. Вдихання інфекційних крапель або їх засохлих залишків, що містять інфекційний матеріал, а також безпосередній контакт з хворим птахом може призвести до розвитку інфекції людини. Його наслідком може бути тяжкий грип, пневмонія та дихальна недостатність [80]. Не виключена також передача вірусу через заражену воду, пряму внутрішню носову або внутрішню окоу інфекцію, а також за використання необробленого посліду птиці як добрива для ґрунту [85]. За даними Європейського центру профілактики та контролю захворювань, до найуразливіших професійних груп щодо вірусів пташиного грипу належать особи, які мають безпосередній та тривалий контакт із зараженими домашніми або дикими птахами. Найчастіше це – працівники дрібних тваринницьких ферм та (дещо меншою мірою) – працівники великих комерційних птахофабрик, а також ті, що працюють на бійнях і беруть участь у знищенні інфікованих стад [47].

Серйозну загрозу для здоров'я працівників галузі птахівництва становлять грамнегативні бактерії (з їх алергізуючими та ендотоксичними властивостями), а також грампозитивні бактерії і актиноміцети [40]. Грамнегативні палички, які можуть спричинити професійні інфекційні захворювання (зазвичай зоонози), а також алергічні та імунотоксичні захворювання, особливо добре ростуть та розмножуються у вологих та теплих місцях, таких як пташники. Найчастіше зараження відбувається під час вдихання повітряно-краплинних інфекцій за безпосереднього контакту з птицею, що знаходиться в пташнику, або від частинок пилу, що містять фекалії і пір'я. Безпосередній контакт працівників ферми з птицею може призвести до розвитку орнітозу, що спричиня-

ється *Chlamydia psittaci*. Носіями цієї бактерії можуть бути кури, індички, качки та гуси. Інфекції, спричинені *Salmonella* і *Campylobacter* серед працівників птахофабрик і забійних цехів зустрічаються дуже рідко і зазвичай виникають у результаті недотримання правил особистої гігієни (інфекції харчового або водного походження) [26]. Працівники птахофабрик також можуть піддаватися впливу кишкової палички, яка, на відміну від видів *Salmonella* і видів *Campylobacter*, може бути присутня в повітрі пташників у високих концентраціях ( $10^2$ – $10^4$  КОЕ м<sup>-3</sup>) [22]. Інфекції, що спостерігаються у людей і тварин, вказують на зростаючу загрозу з боку бактерій через стійкість виділених штамів до антибіотиків. Передача антибіотикорезистентних бактерій може відбуватися не тільки в результаті прямого контакту людини з птицею, що вирощується на фермі, але й за поширення бактеріальних штамів у зовнішньому середовищі через пташиний послід та використану підстилку як добриво [42].

До мікробіологічних загроз для працівників птахівничого господарства належать також плісняві гриби, що розвиваються в умовах підвищеної вологості на різних органічних матеріалах (таких як: корми, підстилка, ґрунт і т. д.). Працівники птахофабрик щодня піддаються впливу плісняви, що переноситься повітрям, проте їх концентрація в пташниках знаходиться в діапазоні, який зазвичай не перевищує порогового граничного значення ( $5 \times 10^4$  КУО м<sup>-3</sup>) [41]. Вторинними нелеткими метаболітами плісняви є мікотоксини, що виявляють сильну токсичну дію на людину та птицю. Ці речовини можуть поширюватися у повітрі за допомогою конідій, фрагментів міцелію або середовища, на якому ростуть гриби. Підвищена чутливість до грибкових антигенів, присутніх в органічному пилу, може призвести до розвитку різних алергічних захворювань, у тому числі риніту, бронхіальної астми, кропив'янки, atopічного дерматиту, бронхолегеневого аспергілозу, алергічного синуситу та альвеоліту [43].

Екологічно безпечним є вплив біоаерозолів на здоров'я населення, що проживає в місцевості, наближеній до птахівничих комплексів. Smit et al., використовуючи в дослідженнях ядерний аналіз, виявили, що життя на відстані менш, як 1,15 км від найближчої птахоферми збільшує ризик пневмонії та великої кількості *Streptococcus pneumoniae* в мікробіоті ротоглотки. Це свідчить про те, що сильний вплив пилу на людей, які живуть поблизу птахофабрик, робить їх більш сприйнятливими до розвитку пневмонії, що спричиняється людськими (незоонозними) хвороботворними патогенами [75].

Крім того, подразнювальним і екологічно небезпечним для населення є запах, який розповсюджується під впливом амоніаку та сірководню. Модельні дослідження Pohl et al. показали, що концентрації сірководню та амоніаку можуть на порядок перевищувати фонові рівні в межах 1 км від тваринницьких приміщень, отже, впливати на якість повітря в межах кількох км [63]. Blanes-Vidal et al. досліджували зв'язок між впливом NH<sub>3</sub> і симптомами респіраторного та сенсорного подразнення, про які повідомляли самі пацієнти (наприклад, свербіж, сухість або подразнення носа, нежить, кашель, свистяче дихання у грудній клітці та утруднене дихання) серед жителів, які зазнали впливу та помірного забруднення повітря біовідходами. Автори заявляють, що ці ефекти можна пояснити тим, що NH<sub>3</sub> є маркером загального впливу органічних забруднювачів, наприклад, ендотоксинів, на ефект подразнення і симптоми зворотного причинно-наслідкового зв'язку [14].

Найбільшою загрозою для сучасної медицині і здоров'я людей є харчові продукти, заражені стійкими до антибіотиків бактеріями. У країнах ЄС щороку 33 000 людей помирають через зараження стійкими до антибіотиків бактеріями. При цьому 39 % інфекцій у всьому світі спричинено бактеріями, стійкими до «антибіотиків останньої інстанції», які вважаються критично важливими для ефективного лікування захворювань людини [45, 87]. Особливу тривогу та небезпеку для людини становлять бактерії роду *Salmonella spp.* і *Staphylococcus spp.* [69]. Вважається, що промислові птахофабрики є найбільшими джерелами розповсюдження штамів бактерій, стійких до антибіотиків. Заборона в скандинавських країнах (Швеції та Норвегії) антибіотиків як стимуляторів у тваринництві та птахівництві свідчить про практичну відсутність стійких до антибіотиків бактерій *Salmonella spp.* Чого не скажеш про інші країни. Наприклад, в Італії 58,26 % штамів були стійкими до ципрофлоксацину і 46,86 % – до тетрацикліну. У Польщі 52,83 % штамів були стійкими до ципрофлоксацину, 36,46 % – до тетрацикліну і 26,6 % – до ампіциліну. Стійкі до антибіотиків штами виділяють і в інших країнах з інтенсивним птахівництвом. У Німеччині 21,95 % штамів сальмонели були стійкими до ципрофлоксацину і 16,6 % штамів, стійких до тетрацикліну [19]. Звіт Germanwatch за 2020 рік показує, що серед зразків курячого м'яса від трьох найбільших виробників в Європі, які мають фабрики у Франції, Німеччині, Польщі, Нідерландах та Угорщині, 51 % зразків налічували штами, стійкі до антибіотиків [38].

Отже, оцінюючи екологічні проблеми промислового і органічного птахівництва, необхідно акцентувати увагу на оптимізації процесу вирощування птиці, зробивши його максимально ефективним, прибутковим і екологічно безпечним. Наведені вище екологічні проблеми промислового птахівництва, в більшості випадків, є наслідками недотримання нормативів щодо очищення посліду, повітря та води, які отримано після технологічного процесу вирощування птиці. Якщо більш відповідально ставитися до виконання нормативних вимог щодо захисту навколишнього природного середовища, то ці негативні наслідки можна нівелювати. Прикладом дотримання екологічної безпеки виробництва продукції промислового птахівництва є підприємства «Миронівська птахофабрика» та «Вінницька птахофабрика» агрохолдінгу «Наша ряба». Система менеджменту якості та безпечності харчової продукції, яку вони виробляють, базується на принципах НАССР а також належної виробничої практики GMP [82]. Відходи виробництва на цих підприємствах підлягають повному очищенню і переробці. Використання біофільтрів на пташниках сприяє очищенню газоповітряної суміші, яка збирається з усього обладнання цеху в межах 91–97 %. Сучасне підприємство ПрАТ «МХП Еко Енерджи» здійснює переробку відходів промислового птахівництва на біогаз і біометан [11]. З метою захисту водного середовища використана вода, перед тим, як потрапити в річку, проходить кілька етапів очищення. Спочатку відбувається груба механічна очистка води. Потім вона надходить до очисних споруд, де проходить біоочищення бактеріями [34]. Тобто, за використання сучасних методів екологічної безпеки виробництво продукції промислового птахівництва може бути цілком можливим і економічно вигідним.

Органічна продукція птахівництва є асортиментом «начебто якісної продукції», створеного споживачами, що базується на трьох основних вимірах оцінки якості: 1) безпечність місць утримання птиці; 2) безпечність органічної продукції для здоров'я людини; 3) безпечність виробництва органічної продукції для навколишнього середовища [46]. Враховуючи побажання споживачів, європейські країни все більш масово переходять на виробництво органічної продукції птахівництва, вважаючи, що у такий спосіб можуть якнайкраще задовольнити вимоги споживачів і подолати проблеми, наведені вище.

Покращення умов утримання птиці направлене на використання екстенсивних виробничих систем, таких як органічні системи,

системи вільного виходу з нижчою щільністю посадки. Такі системи утримання набувають дедалі більшої популярності, особливо в Європейському Союзі, і спрямовані на поліпшення умов ведення сільського господарства і благополуччя птиці, зменшення впливу на навколишнє природне середовище і підвищення стійкості галузі. Характеризуються такі системи використанням генотипів свійської птиці, які мають повільніший ріст, з доступом до зовнішніх пасовищ та акцентом на ширше використання кормів місцевого виробництва [24].

Наприклад, Регламент Комісії ЄС № 889/2008 про органічне виробництво передбачає, що курка має мати доступ до свіжого повітря, денного світла та відкритого простору площею не менше 4 м<sup>2</sup> бігового простору. Правила годівлі суворі: щонайменше 20 % корму повинно вироблятися на місцевому або регіональному рівні. Зерно, яке використовується, не повинно містити ГМО, а правила використання пестицидів і добрив дуже суворі [32]. На сьогодні майже 10 % птиці, вирощеної в ЄС, припадає на такі менш інтенсивні або екстенсивні виробничі системи з постійним зростанням понад 12 % на рік [31].

За правильного ведення такі екстенсивні виробничі системи можуть підвищити стійкість за рахунок інтеграції птахівництва в сільськогосподарську систему, використовуючи корми місцевого виробництва та кращого використання обмежених територій. Однак для того, щоб система була стійкою, необхідно враховувати всі аспекти, щоб система вважалася життєздатною: екологічні (такі як забруднення, управління ресурсами, різноманітність порід), економічні (попит, доступність, птиця як основний продукт харчування), соціальні (промислове сільське господарство, права працівників, добробут тварин) та інституційні (регулювання, управління) [81].

Оцінюючи темпи розвитку органічної продукції птахівництва в Україні, треба відзначити, що Україна, поступово рухаючись до стандартів ЄС, у 2018 році прийняла Закон «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», згідно з яким, додатковими вимогами до органічного птахівництва є: заборона утримання домашньої птиці у клітках; забезпечення доступу водоплавних птахів до струмків, ставків, озер або басейнів у порядку та обсягах, визначених законодавством; утримання домашньої птиці у спеціально облаштованих приміщеннях; забезпечення обов'язкового доступу до відкритих майданчиків не менше, ніж протягом однієї третини життя птиці;



запобігання використанню методів інтенсивного вирощування домашньої птиці або для швидко зростаючих штамів – застосування мінімального віку забою, визначеного законодавством [18]. В подальшому Постановою КМ України у 2019 році було затверджено «Порядок (детальні правила) органічного виробництва та обігу органічної продукції», згідно з якими більш докладно наведено вимоги та правила щодо виробництва органічної продукції у державі. Після детального аналізу правил Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», можна зробити висновки про те, що перехід на безкліткове утримання птиці «з використанням обмеженого вигулу» та «утримання на пасовищах» технологічно можна розглядати як галузь, що виробляє органічну продукцію, але щодо форм господарювання виникає багато питань. По-перше, не виникає сумнівів, що в разі вирощування та утримання птиці у приватних господарствах «з використанням обмеженого вигулу» або «утриманням на пасовищах» сільським населенням виробляється органічна продукція, яка відповідає критеріям органічної, зокрема отримана від птиці, більш пристосованої до природних умов утримання, годівлі її органічними компонентами раціону, а також за відсутності методів інтенсивного вирощування. Таку продукцію зазвичай використовують для сімейного споживання, а її надлишки в незначній кількості реалізують на продуктових ринках. Враховуючи наведені вище правила, для набуття статусу «Органічна продукція» і продажу її для ведення бізнесу необхідною умовою є офіційне отримання сертифікату на продукцію, здійснення документального обліку всіх операцій щодо вирощування та утримання птиці з метою підтвердження сертифікації органічної продукції. Виникає питання щодо останнього пункту правил закону, де наведено виключення: «Такі вимоги нестосуються випадків, коли птиця не вирощується партіями, не утримується в приміщеннях і вільно ходить протягом дня». Тобто, якщо не займатися вирощуванням птиці для отримання органічної продукції з бізнесових інтересів, а утримувати її для себе у приватних сімейних господарствах, то таку продукцію можна прийняти як органічну, але не підтверджену на законодавчому рівні (безсертифікатною) [56].

**Висновки.** Отже, з'ясовано, що «офіційне» виробництво екологічно чистої продукції не може бути забезпечене як великими агрохолдингами, які використовують методи інтенсивного вирощування, так і приватними підсобни-

ми господарствами, які не мають відповідного сертифікату на цей вид продукції. Таким чином, одним із напрямів підвищення конкурентоспроможності на ринку органічної сільськогосподарської продукції можуть бути тільки фермерські господарства, діяльність яких підтверджено сертифікатом. При цьому процес виробництва контролюється професіоналами з органів сертифікації, які щороку здійснюють пересертифікацію кожного такого птахівничого господарства. На жаль, реальна пропозиція сертифікованих органічних курячих яєць в Україні все ще дуже обмежена.

Враховуючи, що виробництво органічної продукції здійснюється на невеликих фермах і вимагає значних додаткових витрат, пов'язаних з використанням органічних кормів, ручної праці по догляду за птицею, її годівлі, збору яєць і т. ін., вартість такої продукції є значно вищою за продукцію промислових підприємств. Так, в Канаді вартість органічних яєць становить в середньому 6,98 дол. за дюжину, тимчасом як звичайні яйця коштують 3,23 дол. за дюжину. Такі органічні яйця за рахунок кормів органічного походження мають більший уміст вітамінів D, E, омега-3 і дещо більше білка [78].

При виробництві продукції птахівництва, незалежно від умов утримання птиці, спостерігається однаковий негативний вплив на навколишнє середовище, а саме – забруднення ґрунту, повітря та води, що може бути наслідком захворювання населення. Під час виробництва органічної продукції обов'язковим є дотримання санітарно-ветеринарних вимог, які чітко діють у промисловому птахівництві. Аналізуючи літературні джерела останніх років, треба відзначити, що виробництво органічної продукції птахівництва не повною мірою відповідає наведеним вище критеріям. Враховуючи відмінності в утриманні і вирощуванні птиці у промислових пташниках і за вигульними та пасовищними системами утримання, можна зробити висновок, що в умовах навколишнього середовища виникає ряд проблем, які ускладнюють процес управління технологією виробництва органічної продукції. Благополуччя та продуктивність птиці на вільному вигулі по-перше, залежить від пори року, віку птиці і різних погодних умов (температура, дощ, сонце, вітер) [54]. Тобто, послід, викиди повітря, пилу здійснюються неконтрольованим природним шляхом, потрапляючи в навколишнє середовище та водойми, що прилягають до ферм органічного птахівництва. Якщо такі ферми мають порівняно невелике поголів'я, негативний вплив на навколишнє природне середовище та людей є не значним. Якщо фермерське

господарство налічує, наприклад, понад 1 тис. голів гусей або качок, негативний вплив від запахів, забруднення ґрунту та водою буде більш відчутним. Іншою серйозною проблемою органічного птахівництва є підвищена смертність поголів'я, яка може бути результатом багатьох факторів: хвижацтва, контакту з дикою природою, а також паразитарних вторгнень, що суттєво впливає як з економічної, так і екологічної точок зору [58, 74].

Суттєвим недоліком під час виробництва органічної продукції є захворювання птиці, спричинені патогенами, паразитами, вірусними та інфекційними хворобами, які присутні в навколишньому середовищі. Такий вплив може призвести до згубних наслідків, таких як мікробіологічне забруднення яєць через більш тривалий період контакту з куркою, підстилкою і фекаліями вільного вигулу, що призводить до збільшення кількості *Enterobacteria* на яєчній шкаралупі [58, 65, 84].

Іншою проблемою під час виробництва органічної продукції птахівництва, а також основною проблемою птахівництва у світі є кокцидії, які розвиваються у вологих середовищах від 20 до 25° С. Кокцидіоз спричиняється кишковими одноклітинними паразитами і існує прецедент потенційного впливу кишкових паразитів як на птицю, так і на людей [1, 13].

Отже, якщо прийняти як позитивний напрям розвитку галузі органічного птахівництва щодо заборони використання антибіотиків, застосування в годівлі птиці органічних кормів та повернення до умов екстенсивного природнього утримання, то питання, які стосуються екологічної безпеки за таких умов, є більш неконтрольованими. Порівняно з відходами промислового птахівництва, які можна і необхідно завчасно утилізувати, за органічного птахівництва цей процес порушується втручанням природних умов (дощ, вітер, температура) і так само сприяє забрудненню навколишнього середовища. І тому шлях до повернення екстенсивного птахівництва, з точки зору екологічної безпеки навколишнього середовища, може бути більш неконтрольованим.

## REFERENCES

1. Acharya, K., Acharya, N. (2017). Alternatives to fight against coccidiosis: A review. *Nepalese Vet. J.*, 34, pp. 152–167. DOI:10.3126/nvj.v34i0.22918 (c.153).
2. Akhtar, U. S., Rastogi, N., McWhinney, R. D., Urch, B., Chow, C.-W., Evans, G. J., Scott, J. A. (2014). The combined effects of physicochemical properties of size-fractionated ambient particulate matter on in vitro toxicity in human A549 lung epithelial cells. *Toxicol. Rep.* 1, pp. 145–156. DOI:10.1016/j.toxrep.2014.05.002.

3. Anderson, K., Moore, P. A., Martin, J., Ashworth, A. J. (2021). Evaluation of a novel poultry litter amendment on greenhouse gas emissions. *Atmosphere*, 12, 563 p. DOI:10.3390/atmos12050563.

4. Antonious, G. F. (2018). Biochar and animal manure impact on soil, crop yield and quality. In: Aladjadjiyan, A. (Ed.), *Agricultural Waste And Residues*. InTech, London, UK.

5. Augustyńska-Prejsnar, A., Ormian, M., Sokołowicz, Z., Topczewska, J., Lechowska, J. (2018). Environmental impacts of pig and poultry farms (in Polish). *Proc. ECoPole*, 12, pp. 107–115. DOI:10.2429/proc.2018.12(1)011.

6. Awad, A. H. A., Elmorsy, T. H., Tarwater, P. M., Green, C. F., Gibbs, S. G. (2010). Air biocontamination in a variety of agricultural industry environments in Egypt: a pilot study. *Aerobiologia*, 26, pp. 223–232. DOI:10.1007/s10453-010-9158-y.

7. Bande, F., Arshad, S. S., Omar, A. R., Bejo, M. H., Abubakar, M. S., Abba, Y. (2016). Pathogenesis and diagnostic approaches of avian infectious bronchitis. *Adv. Virol.* 4621659. DOI:10.1155/2016/4621659.

8. Baskin-Graves, L., Mullen, H., Aber, A., Sinisterra, J., Ayub, K., Amaya-Fuentes, R., Wilson, S. (2019). Rapid health impact assessment of a proposed poultry processing plant in Millsboro, Delaware. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 3429 p. DOI:10.3390/ijerph16183429.

9. Biennial report on world food markets, June 2022 - Food Outlook. Available at: [https://reliefweb.int/reort/world/food-outlook-biannual-report-global-food-markets-june-2022?gclid=Cj0KCQIAjbagBhD3ARIsANRrEuWxsWPW5f7D\\_ccK5GJWq\\_J625MVTDZ-Km21NzSgzumLYJsfQdb64cEaAiucEALw\\_wcB](https://reliefweb.int/reort/world/food-outlook-biannual-report-global-food-markets-june-2022?gclid=Cj0KCQIAjbagBhD3ARIsANRrEuWxsWPW5f7D_ccK5GJWq_J625MVTDZ-Km21NzSgzumLYJsfQdb64cEaAiucEALw_wcB).

10. Bijay, S., Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Appl. Sci.*, 3, 518 p. DOI:10.1007/s42452-021-04521-8.

11. Biogas and biomethane should replace natural gas imports - President of MHP Eco Energy. Available at: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/768550.html>. (in Ukrainian).

12. Blaak, H., VanHoek, A. H. A. M., Hamidjaja, R. A., Van der Plaats, R. Q. J., Kerkhof-de Heer, L., De Roda Husman, A. M., Schets, F. M. (2015). Distribution, numbers, and diversity of ESBL-producing *E. coli* in the poultry farm environment. *PLoS One*, 10 p. DOI:10.1371/journal.pone.0135402 e0135402-e0135402.

13. Blake, D. P., Clark E. L., Macdonald S. E., Thenmozhi V., Kundu K., Garg R., Jatau I. D., Ayoade S., Kawahara F., and Moftah A. (2015). Population, genetic, and antigenic diversity of the apicomplexan *Eimeria tenella* and their relevance to vaccine development. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 112, pp. 5343–5350. DOI:10.1073/pnas.1506468112.

14. Blanes-Vidal, V., Bælum, J., Schwartz, J., Løfstrøm, P., Christensen, L. P. (2014). Respiratory and sensory irritation symptoms among residents exposed to low-to-moderate air pollution from biodegradable wastes. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.*, 24, pp. 388–397. DOI:10.1038/jes.2014.20.

15. Bródka, K., Kozajda, A., Buczyńska, A., Szadkowska-Stańczyk, I. (2012). The variability of bacterial aerosol in poultry houses depending on selected factors. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 25, pp. 281–293. DOI:10.2478/s13382-012-0032-8.
16. Cabañes, F. J. (2021). Aspergillosis, poultry farming and antifungal resistance. *Rev. Iberoam. Micol.* 38, pp. 109–110. DOI:10.1016/j.riam.2020.03.004.
17. Countries leading in egg production in the world in 2021. Available at: <https://www.statista.com/statistics/263972/egg-production-worldwide-since-1990/#:~:text=The%20production%20volume%20of%20eggs,increased%20by%20over%20100%20percent>.
18. Conventional and organic eggs of big brands. Available at: [marketplace-egg-test-1.5971608](https://marketplace-egg-test-1.5971608).
19. CDDEP. (2021). *The State of the World's Antibiotics 2021 - A Global Analysis of Antimicrobial Resistance And Its Drivers* Washington DC, USA.
20. Cesonienė, L., Dapkienė, M., Sileikienė, D. (2019). The impact of livestock farming activity on the quality of surface water. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, pp. 32678–32686. DOI:10.1007/s11356-018-3694-3.
21. Charuau, L., Jardé, E., Jaffrézic, A., Liotaud, M., Goyat, Q., Mercier, F., Le Bot, B. (2019). Veterinary pharmaceutical residues in water resources and tap water in an intensive husbandry area in France. *Sci. Total Environ.* 664, pp. 605–615. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.01.303.
22. Chinivasagam, H. N., Tran, T., Maddock, L., Gale, A., Blackall, P. J. (2009). Mechanically ventilated broiler sheds: a possible source of aerosolized *Salmonella*, *Campylobacter*, and *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 75, pp. 7417–7425. DOI:10.1128/aem.01380-09.
23. Dai, P., Shen, D., Tang, Q., Huang, K., Li, C. (2020). PM<sub>2.5</sub> from a broiler breeding production system: the characteristics and microbial community analysis. *Environ. Pollut.* 256, 113368 p. DOI:10.1016/j.envpol.2019.113368.
24. Del Bosco, A., Mattioli, S., Cartoni-Mancinelli, A., Cotozzolo, E., Castellini, C. (2021). Extensive rearing systems in poultry production: the right chicken for the right farming system. A review of twenty years of scientific research in Perugia University, Italy. *Animals*, 11 p. DOI:10.3390/ani11051281.
25. De Rooij, M. M. T., Hoek, G., Schmitt, H., Janse, I., Swart, A., Maassen, C.B.M., Schalk, M., Heederik, D.J.J., Wouters, I.M. (2019a). Insights into livestock-related microbial concentrations in air at residential level in a livestock dense area. *Environ. Sci. Technol.* 53, pp. 7746–7758. DOI:10.1021/acs.est.8b07029.
26. De Rooij, M. M. T., Smit, L. A. M., Erbrink, H. J., Hagenaars, T.J., Hoek, G., Ogink, N. W. M., Winkeld, A., Heederik, D. J. J., Wouters, I. M. (2019b). Endotoxin and particulate matter emitted by livestock farms and respiratory health effects in neighboring residents. *Environ. Int.* 132, 105009 p. DOI:10.1016/j.envint.2019.105009.
27. De Vries, M., De Boer, I. J. M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: a review of life cycle assessments. *Livest. Sci.* 128, pp. 1–11. 2009.11.007.
28. Dunlop, M. W., Blackall, P. J., Stuetz, R. M. (2016). Odour emissions from poultry litter – a review litter properties, odour formation and odorant emissions from porous materials. *J. Environ. Manag.*, 177, pp. 306–319. DOI:10.1016/j.jenvman.2016.04.009.
29. Drózd, D., Wystalska, K., Malińska, K., Grosser, A., Grobelak, A., Kacprzak, M. (2020). Management of poultry manure in Poland – current state and future perspectives. *J. Environ. Manag.*, 264, 110327 p. DOI:10.1016/j.jenvman.2020.110327.
30. EMA, 2021b. Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2019 and 2020 - trends from 2010 to 2020. DOI:10.2809/636389.
31. EPRS (2019). *The EU Poultry Meat And Egg Sector: Main Features, Challenges And Prospects: In-depth Analysis*. European Parliamentary Research Service, Brussels, Belgium.
32. EC. (2008). Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. Available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/889/oj>.
33. EC. (2009). Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation). Available at: 2009/1069/oj.
34. Environmental safety as an important principle of Mironivska Poultry Farm. Available at: <https://dzvin.media/news/ekologichna-bezpeka-yak-vazhliivy-printsip-roboti-mironivskoyi-ptahofabriki/>. (in Ukrainian).
35. FAO. (2022). *Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets*. Rome, Italy. DOI:10.4060/cb9427en.
36. Fertilizers: types and features of organic and mineral fertilizers. Available at: <https://bizontech.ua/blog/fertilizers-features-of-application-organic-mineral>. (in Ukrainian).
37. Friese, A., Schulz, J., Zimmermann, K., Tenhagen, B.A., Fetsch, A., Hartung, J., Röslér, U. (2013). Occurrence of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Turkey and broiler barns and contamination of air and soil surfaces in their vicinity. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79, pp. 2759–2766. DOI:10.1128/AEM.03939-12.
38. Germanwatch. (2020). *Chicken Meat Tested for Resistance to Critically Important Antimicrobials for Human Medicine* Washington DC, USA.
39. Guo, L., Zhao, B., Jia, Y., He, F., Chen, W. (2022). Mitigation strategies of air pollutants for mechanical ventilated livestock and poultry housing - a review. *Atmosphere*, 13, 452 p. DOI:10.3390/atmos13030452.
40. Gladding, T. L., Rolph, C. A., Gwyther, C. L., Kinnersley, R., Walsh, K., Tyrrel, S. (2020). Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: pig and poultry livestock. *J. Environ. Manag.*, 272, 111052 p. DOI:10.1016/j.jenvman.2020.111052.

41. Górný, R. L. (2020b). Szkodliwe czynniki biologiczne (in Polish). In: M. J., P. (Ed.), *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy - wartości dopuszczalne*, 12. Ed Wydawnictwo Centralnego Instytutu Ochrony Pracy-PIB, Warsaw, Poland, pp. 157–168.
42. Graham, J. P., Evans, S. L., Price, L. B., Silbergeld, E. K. (2009). Fate of antimicrobial-resistant enterococci and staphylococci and resistance determinants in stored poultry litter. *Environ. Res.* 109, pp. 682–689. DOI:10.1016/j.envres.2009.05.005.
43. Hardin, B. D., Kelman, B. J., Saxon, A. (2003). Adverse human health effects associated with molds in the indoor environment. *J. Occup. Environ. Med.*, 45, pp. 470–478. DOI:10.1097/00043764-200305000-00006.
44. Hoover, N. L., Law, J. Y., Long, L. A. M., Kanwar, R. S., Soupir, M. L. (2019). Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue. *J. Environ. Manag.*, 252, 109582 p. DOI:10.1016/j.jenvman.2019.109582.
45. Jammoul, A., El Darra, N. (2019). Evaluation of antibiotics residues in chicken meat samples in Lebanon. *Antibiotics*, 8, 69 p. DOI:10.3390/antibiotics8020069.
46. Kaygisiz, F., Bilge, A. B., Bulut, D. (2019). Determining Factors Affecting Consumers Decision to Purchase Organic Chicken Meat. *Brazilian Journal of Poultry Science*, Vol. 21, no. 4, pp. 1–8. DOI:10.1590/1806-9061-2019-1060.
47. Koumintzis, D., Chatzis, C., Linos, A. (2007). Health effects of livestock farming in Europe. *J. Public Health*, 15, pp. 245–254. DOI:10.1007/s10389-007-0130-4.
48. Kreidenweis, U., Breier, J., Herrmann, C., Libra, J., Prochnow, A. (2021). Greenhouse gas emissions from broiler manure treatment options are lowest in well-managed biogas production. *J. Clean. Prod.*, 280, 124969 p. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.124969.
49. Kyakuwaire, M., Olupot, G., Amoding, A., Peter, N.-K., Basamba, T.A. (2019). How safe is chicken litter for land application as an organic fertilizer? A review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16 p. DOI:10.3390/ijerph16193521.
50. Li, J., Chen, Q., Li, H., Li, S., Liu, Y., Yang, L., Han, X. (2020). Impacts of different sources of animal manures on dissemination of human pathogenic bacteria in agricultural soils. *Environ. Pollut.* 266, 115399 p. DOI:10.1016/j.envpol.2020.115399.
51. Mulder, A.C., Franz, E., de Rijk, S., Versluis, M.A.J., Coipan, C., Buij, R., Müskens, G., Koene, M., Pijnacker, R., Duim, B., Bloois, L.v.d.G.-V., Veldman, K., Wagenaar, J.A., Zomer, A.L., Schets, F.M., Blaak, H., Mughini-Gras, L. (2020). Tracing the animal sources of surface water contamination with *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. *Water Res.* 187, 116421 p. DOI:10.1016/j.watres.2020.116421.
52. Mottet, A., Tempio, G. (2017). Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *World's Poul. Sci. J.*, 73, pp. 245–256. DOI:10.1017/S0043933917000071.
53. Naseem, S., King, A.J. (2018). Ammonia production in poultry houses can affect health of humans, birds, and the environment—techniques for its reduction during poultry production. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, pp. 15269–15293. DOI:10.1007/s11356-018-2018-y.
54. Nordquist, R. E., Van der Staay F. J., Van Eerdenburg F. J., Velkers F. C., Fijn L., Arndt, S. S. (2017). Mutilating procedures, management practices, and housing conditions that may affect the welfare of farm animals: implications for welfare research. *Animals*, 7, 12 p. DOI:10.3390/ani7020012.
55. Nowak, A., Matusiak, K., Borowski, S., Ba-kuła, T., Opaliński, S., Kołacz, R., Gutarowska, B. (2016). Cytotoxicity of odorous compounds frompoultry manure. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13, 1046 p. DOI:10.3390/ijerph13111046.
56. On approval of the Procedure (detailed rules) for organic production and circulation of organic products. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/970-2019-%D0%BF#Text>. (in Ukrainian)
57. Ortúzar, M., Esterhuizen, M., Olicón-Hernández, D.R., González-López, J., Aranda, E. (2022). Pharmaceutical pollution in aquatic environments: a concise review of environmental impacts and bioremediation systems. *Front. Microbiol.* 13 p. .2022.869332.
58. Parisi, M., J. Northcutt, D. Smith, E. Steinberg, and P. Dawson. (2015). Microbiological contamination of shell eggs produced in conventional and free-range housing systems. *Food Control*. 47. pp. 161–165. DOI:10.1016/j.foodcont.2014.06.038.
59. Paudel, S., Fink, D., Abdelhamid, M. K., Zög-geler, A., Liebhart, D., Hess, M., Hess, C. (2021). Aerosol is the optimal route of respiratory tract infection to induce pathological lesions of colibacillosis by a lux-tagged avian pathogenic *Escherichia coli* in chickens. *Avian Pathol.* 50, pp. 417–426. DOI:10.1080/03079457.2021.1978392.
60. Paul, V., Vattikuti, S., Dash, P., Arslan, Z. (2021). Evaluating hydrogeochemical characteristics of groundwater and surface water in the Upper Pearl River Watershed, USA. *Environ. Monit. Assess.* 193, 296 p. DOI:10.1007/s10661-021-09045-7.
61. Parente, C. E. T., Oliveira da Silva, E., Sales Júnior, S.F., Hauser-Davis, R.A., Malm, O., Correia, F.V., Saggiaro, E. M. (2021). Fluoroquinolone-contaminated poultry litter strongly affects earthworms as verified through lethal and sub-lethal evaluations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 207, 111305 p. DOI:10.1016/j.ecoenv.2020.111305.
62. Plewa, K., Lonc, E. (2011). Analysis of airborne contamination with bacteria and moulds in poultry farming: a case study. *Pol. J. Environ. Stud.*, 20, pp. 725–731.
63. Pohl, H. R., Citra, M., Abadin, H. A., Szadkowska-Stańczyk, I., Kozajda, A., Ingerman, L., Nguyen, A., Murray, H. E. (2017). Modeling emissions from CAFO poultry farms in Poland and evaluating potential risk to surrounding populations. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 84, pp. 18–25. DOI:10.1016/j.yrtph.2016.11.005.
64. Rayne, N., Aula, L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: a review. *Soil Syst.* 4, 64 p. DOI:10.3390/soilsystems4040064.

65. Ricke, S. C., M. Rothrock, Jr. J. (2020). Gastrointestinal microbiomes of broilers and layer hens in alternative production systems. *Poult. Sci.* 99, pp. 660–669. DOI:10.1016/j.psj.2019.12.017.
66. Ritz, C. W., Merka, W. C. (2013). Maximizing Poultry Manure Use Through Nutrient Management Planning. Bulletin 1245. The University of Georgia and Fort Valley State University.
67. Rylander, R., Carvalheiro, M. F. (2006). Airways inflammation among workers in poultry houses. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 79, pp. 487–490. s00420-005-0072-5.
68. Rzeźnik, W., Mielcarek-Bocheńska, P., 2022. Odour emissions from livestock buildings. *Atmosphere.* 13, 254 p. DOI:10.3390/atmos13020254.
69. Saharan, V. V., Verma, P., Singh, A. P. (2020). High prevalence of antimicrobial resistance in *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* isolated from fish samples in India. *Aquac. Res.* 51, pp. 1200–1210. DOI:10.1111/are.14471.
70. Sanseverino, I., Navarro Cuenca, A., Loos, R., Marinov, D., Lettieri, T. (2018). State of the art on the contribution of water to antimicrobial resistance. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI:10.2760/82376.
71. Sengeløv, G., Halling-Sørensen, B., Aarestrup, F.M. (2003). Susceptibility of *Escherichia coli* and *Enterococcus faecium* isolated from pigs and broiler chickens to tetracycline degradation products and distribution of tetracycline resistance determinants in *E. coli* from food animals. *Vet. Microbiol.* 95, pp. 91–101. DOI:10.1016/S0378-1135(03)00123-8.
72. Shen, D., Wu, S., Dai, P.-Y., Li, Y.-S., Li, C.-M. (2018). Distribution of particulate matter and ammonia and physicochemical properties of fine particulate matter in a layer house. *Poult. Sci.* 97, pp. 4137–4149. DOI:10.3382/ps/pey285.
73. Sim, W.-J., Lee, J.-W., Lee, E.-S., Shin, S.-K., Hwang, S.-R., Oh, J.-E. (2011). Occurrence and distribution of pharmaceuticals in wastewater from households, livestock farms, hospitals and pharmaceutical manufactures. *Chemosphere.* 82, pp. 179–186. DOI:10.1016/j.chemosphere.2010.10.026.
74. Singh, M., Cowieson, A. (2013). Range use and pasture consumption in free-range poultry production. *Anim. Prod. Sci.* 53, pp. 1202–1208. DOI:10.1071/an13199.
75. Smit, L. A. M., Boender, G. J., de Steenhuijsen Piter, W. A. A., Hagenaars, T. J., Huijskens, E. G. W., Rossen, J. W. A., Koopmans, M., Nodelijk, G., Sanders, E. A. M., Yzermans, J., Bogaert, D., Heederik, D. (2017). Increased risk of pneumonia in residents living near poultry farms: does the upper respiratory tract microbiota play a role? *Pneumonia.* 9 p. DOI:10.1186/s41479-017-0027-0.
76. State of World Population 2023: 8 Billion Lives, Infinite Possibilities The world's population. Available at: <https://reliefweb.int/report/world/state-world-population-2023-8-billion-lives-infinite-possibilities-case-rights-and-choices-enarru>
77. Strohmaier, C., Krommweh, M. S., Büscher, W. (2020). Suitability of different filling materials for a biofilter at a broiler fattening facility in terms of ammonia and odour reduction. *Atmosphere.* 11, 13 p. DOI:10.3390/atmos11010013.
78. The Law of Ukraine on Basic Principles and Requirements for Organic Production, Circulation and Labeling of Organic Products. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text>. (in Ukrainian).
79. The world's population has reached 8 billion people - UN. Available at: <https://www.pravda.com.ua/news/2022/11/15/7376404/>
80. Uyeki, T. M., Peiris, M. (2019). Novel avian influenza A virus infections of humans. *Infect. Dis. Clin. N. Am.* 33, pp. 907–932. DOI:10.1016/j.idc.2019.07.003.
81. Vaarst, M., Steinfeldt, S., Horsted, K. (2015). Sustainable development perspectives of poultry production. *World 's Poul. Sci. J.*, 71, pp. 609–620. DOI:10.1017/S0043933915002433.
82. Vinnytsia poultry farm. Available at: <https://latifundist.com/kompanii/1416-vinnitskaya-ptitsefabrika>. (in Ukrainian).
83. Wu, B., Qin, L., Wang, M., Zhou, T., Dong, Y., Chai, T. (2019). The composition of microbial aerosols, PM2.5, and PM10 in a duck house in Shandong province, China. *Poult. Sci.* 98, pp. 5913–5924. DOI:10.3382/ps/pez365.
84. Wuthijaree, K., Lambertz, C., Vearasilp, T., Anusatsananun, V., Gauly, M. (2019). Prevalence of gastrointestinal helminths in Thai indigenous chickens raised under backyard conditions in Northern Thailand. *J. Appl. Poul. Res.*, 28, pp. 221–229.
85. WHO. (2005). Avian Influenza A (H5N1) infection in humans. *N. Engl. J. Med.*, 353, pp. 1374–1385. DOI:10.1056/NEJMra052211.
86. WHO (2020). Cumulative number of confirmed human cases for avian influenza A(H5N1) reported to WHO, 2003–2020. Available at: [https://www.who.int/influenza/humananimal\\_interface/2020\\_DEC\\_tableH5N1.pdf?ua=1](https://www.who.int/influenza/humananimal_interface/2020_DEC_tableH5N1.pdf?ua=1).
87. WHO (2021). Facts sheets - antimicrobial resistance. Available at: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/antimicrobial-resistance> Geneva, Switzerland.
88. Zorman Rojs, O., Dovč, A., Krapež, U., Žlabravec, Z., Račnik, J., Slavec, B. (2021). Detection of laryngotracheitis virus in poultry flocks with respiratory disorders in Slovenia. *Viruses.* 13, 707 p.

### Environmental problems of industrial and organic poultry farming

Karkach P., Mashkin Y., Fesenko V.

Poultry farming, using modern intensive farming methods, is one of the most efficient livestock industries that ensures food security for a large part of the world's population. In the context of industrial poultry farming, the largest share of global production (up to 98 % of meat and 92 % of eggs) is accounted for by broiler chickens (to a lesser extent, turkeys, ducks, geese, etc.), as well as by food eggs obtained from modern egg crosses of chickens. The global poultry production is estimated at 137.8 million tons and

86.3 million metric tons of eggs in 2021, with steady growth every year. Taking into account the wishes of consumers, European countries are increasingly switching to the production of organic poultry products, believing that this way they can best meet consumer requirements based on three main dimensions of quality assessment: 1) the safety of poultry housing; 2) the safety of organic products for human health; 3) the safety of organic production for the environment. Improvement of poultry housing conditions is aimed at using extensive production systems, such as organic systems, free-range systems with lower stocking densities. Such systems are becoming increasingly popular, especially in the European Union, and are aimed at improving farming conditions and poultry welfare, reducing environmental impact and increasing the sustainability of the industry. However, both intensive

farming methods in industrial and organic poultry production lead to significant impacts on human health and the environment. Wastes such as poultry manure and used litter are associated with ammonia, nitrogen oxide and methane emissions that contribute to global greenhouse gas emissions and pose a serious threat to the environment and human health. Poultry waste can contain pesticide residues, pathogens, pharmaceuticals (antibiotics), hormones, metals, macronutrients (in the wrong proportions) and other pollutants that can lead to air, soil and water pollution, as well as the formation of multidrug-resistant strains. The analysis shows that industrial poultry farming can be more controlled than organic farming in terms of environmental safety.

**Key words:** industrial and organic poultry farming, environmental conditions, environmental safety, air, soil, water pollution, pollutants.



Copyright: Каркач П.М., Машкін Ю.О., Фесенко В.Ф. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:  
Каркач П.М.

<https://orcid.org/0000-0003-3315-3508>