

УДК 631.879.4

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ КРУПНЫХ ПТИЦЕФАБРИК НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Янь Ли¹, Лемешевский В.О.^{2,3}, Максимова С.Л.⁴

¹ МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ, Минск, Белоруссия

² ПолесГУ, Пинск, Белоруссия

³ Всероссийский НИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФИЦ животноводства – ВИЖ им. ак. Л. К. Эрнста, Боровск, Россия

⁴ Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Белоруссия

Мировое производство мяса птицы неуклонно растет с использованием современных крупномасштабных методов ведения сельского хозяйства. Масштабный подход к росту привел к значительному воздействию на окружающую среду. Отходы, такие как птичий помет, могут представлять серьезную угрозу для окружающей среды и требуют надлежащего обращения.

Цель исследования – оценить влияние крупного птицеводства на окружающую среду, проанализировать его вредные факторы.

Результаты. Крупное птицеводство, составляющее основу современного птицеводства, оказывает существенное воздействие на окружающую среду и требует надлежащего управления для минимизации его неблагоприятных последствий. Птицеводство и выбрасываемые побочные продукты могут содержать остатки пестицидов, микроорганизмы, патогены, лекарственные препараты (антибиотики), тяжелые металлы, макроэлементы и другие загрязнители, которые могут привести к загрязнению воздуха, почвы и воды, включая парниковые газы.

Выводы. Воздействие на окружающую среду необходимо контролировать с помощью соответствующих методов, включая рациональные схемы кормления, эффективное использование и утилизацию помета и отходов, контроль эмиссии и т. д.

Ключевые слова: птичий помет, окружающая среда, загрязнение, устойчивое развитие, птицефабрика.

Для цитирования: Янь Ли, Лемешевский В.О., Максимова С.Л. Влияние отходов крупных птицефабрик на состояние окружающей среды: обзор литературы. Медицина труда и экология человека. 2024; 4: 39-53.

Для корреспонденции: Янь Ли; e-mail: wxpxueshu_phd@163.com.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10403>

IMPACT OF WASTE FROM LARGE POULTRY FARMS ON THE ENVIRONMENT (REVIEW OF FOREIGN LITERATURE)

Yan Li¹, Lemeshevsky V.O.^{2,3}, Maksimova S.L.⁴

¹A.D. Sakharov International State Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

²Polessky State University, Pinsk, Republic of Belarus

³All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry, and Animal Nutrition – Branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute, pos. Institut, Borovsk, Russian Federation

⁴Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Global poultry meat production is steadily increasing using modern large-scale farming methods. The large-scale approach to growth has resulted in significant environmental impacts. Wastes such as poultry litter can pose a serious threat to the environment and require proper management. The purpose of the study is to assess the impact of large-scale poultry production on the environment and analyze its harmful factors. Results. Large-scale poultry production, which forms the backbone of modern poultry production, has significant environmental impacts and requires proper management to minimize its adverse effects. Poultry production and discarded by-products may contain pesticide residues, microorganisms, pathogens, pharmaceuticals (antibiotics), heavy metals, macronutrients and other pollutants that can lead to air, soil and water pollution, including greenhouse gases. Conclusions. Environmental impacts need to be controlled through appropriate methods, including rational feeding schemes, efficient utilization and disposal of manure and waste, emission control, etc.

Keywords: poultry manure, environment, pollution, sustainable development, poultry farm.

For citation: Yan Li, Lemeshevsky V.O., Maksimova S.L. Impact of large poultry farm waste on the environment: a literature review. Occupational health and human ecology, 2024; 4: 39-53.

Correspondence: Yan Li; e-mail: e-mail: wxpxueshu_phd@163.com.

Funding. The study did not receive any financial support.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10403>

С момента развития сельского хозяйства основным производством продуктов питания всегда было выращивание птицы для получения мяса, яиц и других пищевых продуктов. Птицеводство – это не только основа для улучшения питания, обеспечивающая стабильное снабжение белком и пищевую безопасность для больших групп населения, но и дополнительного развития. Показано, что птицеводство является одним из наиболее эффективных методов животноводства благодаря возможности использовать отходы сельского хозяйства и домашних хозяйств в качестве источника корма для птицеводства. В настоящее время, помимо семейных фермерских хозяйств, одним из основных видов животноводства являются и крупные птицефабрики. Крупномасштабное птицеводство (главным образом цыплята, далее следуют утки, гуси, индейки и др.) составляет подавляющую часть мирового производства птицы (до 98% мяса и до 92% яиц) [1]. В целом мировой объем мяса птицы повышался линейно в период с 1961 по 2022 годы, с ежегодным увеличением почти в 12 раз [2].

Республика Беларусь относится к странам, где птицеводство организовано на высоком уровне. Страна имеет более 50 птицеводческих предприятий, из которых 26 специализируются на производстве яиц и 24 – на мясе птицы [3]. Формами организации ведения птицеводства в Беларуси являются: государственные племенные организации, частные фермы и подсобные хозяйства. поголовье племенной птицы только в 2022 г. составило 48108,7 тыс. голов (табл. 1) [4].

Таблица 1. поголовье птицы по типу хозяйства (на начало года; тыс. голов)

Table 1. Poultry Population by Farm Type (as of the Beginning of the Year; Thousand Heads)

Форма хозяйствования	2018	2019	2020	2021	2022
Сельскохозяйственные организации	45671,7	46293,0	48190,9	42998,1	43939,5
Частные фермы	162,3	131,9	287,3	166,4	193,4
Приусадебные участки	4880,0	4722,8	4527,4	4367,0	3975,8
<i>Всего</i>	<i>509714,0</i>	<i>51147,4</i>	<i>53005,6</i>	<i>47531,5</i>	<i>48108,7</i>

Исследованиями показано, что крупные птицефабрики являются основной формой хозяйствования. С 2018 по 2022 годы общее количество птицеводческих предприятий в Беларуси демонстрирует колеблющуюся тенденцию к росту.

Причина может заключаться в том, что в результате корректировки политики птицеводческая отрасль подверглась интеграции. Например, выделение земли под птицефабрики может в значительной степени решить проблему обеспечения птицеводческих предприятий продовольствием, а строительство собственных комбикормовых заводов – снизить затраты для улучшения качества используемых кормов [3].

Хотя крупномасштабное птицеводство развивается, оно по-прежнему оказывает значительное влияние на здоровье человека и окружающую среду [5]. Большинство крупномасштабных птицеводческих хозяйств, специализирующихся на выращивании бройлеров (для производства мяса) и несушек (для производства яиц), содержатся на крупных фермах, в основном в закрытых помещениях, где поголовье варьирует от нескольких тысяч до сотен тысяч голов. Фермы оборудованы напольными птичниками или клетками с автоматическими системами кормления и поения [1] и имеют очень высокую плотность посадки птицы (33 кг м² или выше) [6]. Из-за интенсивного характера крупномасштабного птицеводства это приводит к очень заметному воздействию на окружающую среду.

Поставка корма в птицеводстве является необходимым условием для производства, и часто птицефермы могут быть значительно далеко расположены от места приготовления корма, что обуславливает необходимость его транспортировки на птицефабрику [7]. Это приводит к предъявлению строгих требований к сохранению корма и недопущению таких проблем, как порча корма, гниение, а также обеспечению питьевого водоснабжения птицы. Имеющийся спрос на воду увеличивает нагрузку на водные ресурсы.

Выбросы при интенсивном ведении птицеводства воздействуют на различные компоненты окружающей среды, включая воздух, воду и почву. Сельскохозяйственные отходы, такие как птичий помет и подстилка, часто производятся в объемах, превышающих возможности их вторичного использования в виде удобрения местных сельскохозяйственных угодий. Это может привести к чрезмерному использованию и представлять серьезную угрозу для почвы и качества воды. Следовательно, избыточные отходы часто требуют применения рациональных методов транспортировки, хранения и переработки для предотвращения загрязнения воздуха, почвы, воды и негативного воздействия на здоровье человека [6]. Кроме того, птичий помет также может содержать бактерии и лекарственные препараты (например, антибиотики), используемые в птицеводстве, приводя к обнаружению антибиотиков и микробному загрязнению, что способствует резистентности микробных патогенов к противомикробным препаратам, вызывает контаминацию почвы и водных ресурсов.

В то же время в птичниках образуются пылевидные твердые частицы, содержащие фрагменты пера, кожи, навоза, кормовые гранулы, микроорганизмы и различные химические вещества (например, лекарства) [6], кетоны, альдегиды,

органические кислоты и другие соединения, отрицательно влияющие на птицу, здоровье обслуживающего персонала (работников) и населения близлежащих населенных пунктов [8]. Электроэнергия и ископаемое топливо, необходимые для птицеводства, а также отходы, образующиеся в результате механизированных операций и систем вентиляции, также являются факторами, ухудшающими окружающую среду и влияющими на здоровье человека. Поэтому экологические проблемы, вызванные крупномасштабным птицеводством, становятся все более серьезными и выступают острой проблемой, требующей срочного решения в современном мире.

Цель исследования – изучить влияние крупного птицеводства на окружающую среду, проанализировать его вредные факторы и предложить передовой опыт для устойчивого развития крупного птицеводства.

Материалы и методы. В этой рукописи нами проведен комплексный анализ литературы с использованием академических баз данных, таких как Google Scholar, Elsevier Science Direct, Web of Science и Китайской национальной инфраструктуры знаний (China National Knowledge Infrastructure – CNKI). Для проведения систематического поиска использовались ключевые слова: птичий помет, загрязнение окружающей среды, тяжелые металлы, биодоступность. Кроме того, была изучена существующая литература о вреде, наносимом экологической среде и здоровью человека остатками пестицидов, болезнетворными микроорганизмами, лекарствами (антибиотиками), тяжелыми металлами, макроэлементами и другими загрязнителями, которые могут содержаться в побочных продуктах птицеводческой отрасли.

Результаты. Анализ химического состава фекалий и помета. В последние годы индустрия птицеводства во всем мире получила колоссальное развитие, эта тенденция наблюдается и в Китае, который является крупнейшим в мире производителем мяса птицы, а по количеству выращиваемой птицы и яиц птицы остается на первом месте в мире много лет подряд [9]. Согласно Стандартам выбросов загрязняющих веществ в животноводстве и птицеводстве, изданным Министерством экологии и окружающей среды Китая, к отходам относятся твердые отходы, такие как экскременты скота и птицы, подстилка, отходы кормов и выпавшие перья [9]. Очевидно, что расширение и модернизация птицеводства стимулировали образование органических отходов, в основном состоящих из навоза и птичьего помета.

Птичий помет представляет собой смесь птичьих экскрементов с кормовыми отходами, перьями и подстилкой, такой как древесная стружка или опилки. Состав птичьего помета и подстилки зависит от нескольких факторов: типа содержания,

состава корма, типа и количества подстилки, плотности содержания животных в птичнике, времени, проведенного в птичнике, и сезонности [10]. В связи с особым физиологическим строением пищеварительной системы птицы химический состав птичьих экскрементов считается источником питательных и биологически активных веществ. Что касается сухого вещества, экскременты содержат от 20 до 23% сырого белка, 12–14% сырой клетчатки, 30–37% безазотистого экстракта, 3–5% сырого жира, 11–13% золы, 2,84% кальция, 1,72% фосфора, большое количество микроэлементов [11], включая фитонутриенты, такие как азот, фосфор и калий [12]. В то же время в птичьем помете и подстилке присутствуют патогенные микроорганизмы, включая бактерии, грибы, вирусы, паразитические простейшие и гельминты, а также антибиотики и патогенные микроорганизмы с генами лекарственной устойчивости, тяжелые металлы, ростовые и половые гормоны (эстроген, β -эстрадиол, тестостерон), пестициды, такие как диоксины, фураны, полихлорированные бифенилы и полициклические ароматические углеводороды [13]. Длительное использование загрязненного помета скота и птицы ведет к накоплению поллютантов в почве сельскохозяйственных угодий, повышению ее потенциальной биологической и экологической токсичности.

Воздействие на почву. При бурном развитии сельского хозяйства в последние десятилетия неоспорима роль куриного помета как недорогого органического удобрения в сельском хозяйстве. Его использование положительно влияет на рост и урожайность различных сельскохозяйственных культур, способствует восстановлению экологических функций почвы [14]. В целом птичий помет имеет высокое содержание органических и питательных веществ, которые положительно влияют на физические, химические и биологические свойства почвы [15]. Добавляя различные соединения к птичьему помету, можно увеличить содержание органического вещества в почве, улучшить ее свойства, структуру и устойчивость агрегатов, тем самым повышая аэрацию, буферную реакцию почвы, водоудерживающую способность, емкость катионного обмена и микробную активность [16].

С точки зрения физики и химии, исследования, проведенные в Hoover, N.L., показали, что длительное использование птичьего помета может значительно увеличить количество твердых частиц органического вещества (нестабильный компонент органического вещества, способный стабилизировать частицы почвы), что приведет к повышению проницаемости почвы, ее водоудерживающей способности и благотворно скажется на окружающей среде почвы [14]. Ibrahim M. El-Samnoudi показал в исследовании, что птичий помет может изменить объемную плотность почвы, электрическую проводимость, рН почвы, гидравлическую проводимость и общую пористость [17]. По биологическим свойствам в целом можно отметить положительное влияние применения птичьего помета на биологические свойства почвы. Например, Джон П. Брукс и др. показали, что внесение птичьего помета изменяет популяцию микроорганизмов в почве, в

результате чего индикаторные бактерии птичьего помета не обнаруживаются в почве [18].

До сих пор исследования куриного помета в основном свидетельствовали о его полезности [19]. Предыдущие исследования показали, что внесение навоза домашнего скота и птицы служит основным источником (после атмосферных осадков) большинства тяжелых металлов в сельскохозяйственных почвах [20]. В то же время чрезмерное и неоднократное использование птичьего помета, а также нерациональное обращение с отходами птицеводства и их утилизации могут привести к попаданию в почву антибиотиков широкого спектра действия, тяжелых металлов, стероидов и микроорганизмов [21]. В исследовании, проведенном в Бразилии, установлено, что самые высокие средние концентрации тяжелых металлов в птичьем помете отмечены по содержанию Mn (525 мг кг⁻¹), Zn (146 мг кг⁻¹), Cu (94,4 мг кг⁻¹), тогда как в почве концентрации тех же тяжелых металлов были выше: Mn (906 мг кг⁻¹), Zn (111 мг кг⁻¹) и Cu (26,3 мг кг⁻¹) [22].

Таким образом, исследования по составу птичьего помета, его влиянию на качество почвы и значение внесения удобрений носят относительно комплексный характер, но потенциальное влияние патогенов и лекарственных средств (антибиотиков) и других вредных веществ, содержащихся в птичьем помете, на почвенную среду все еще нуждается в изучении. В связи с этим требуется наладить регулярный мониторинг изменений состава птичьего помета и научную предварительную обработку птичьего помета перед внесением удобрений.

Воздействие на воздушную среду. Поскольку крупномасштабное птицеводство обычно сосредоточено в одном или нескольких зданиях с численностью от тысяч до сотен тысяч птиц, это может быть серьезной проблемой в региональных условиях и служить источником физического, химического и микробиологического загрязнения. Системы вентиляции этих зданий обеспечивают свежим воздухом выращиваемую птицу. В то же время будет происходить выброс воздуха с загрязняющими веществами из производственных помещений, образующимися в результате выращивания, в окружающую среду. Это может привести к сильной контаминации воздушной среды на прилегающей территории.

К источникам загрязнения атмосферного воздуха, обусловленным производственной деятельностью крупных птицефабрик, в основном относятся: аммиак (NH₃), метан (CH₄), закись азота (N₂O), пыль, в том числе взвешенные частицы PM₁₀ и PM_{2,5} (газ после нагрева и продукты сгорания). Так, PM_{2,5} содержит диоксид серы (SO₂), диоксид азота (NO₂), монооксид углерода (CO), пыль и шум [23]. Птицефабрики также производят диметиламин, углекислый газ и кетоны, альдегиды, органические кислоты и другие ароматические (пахучие) соединения [24]. Запах, обусловленный наличием ароматических соединений, также является важным загрязнителем воздуха, образующихся на крупных птицеводческих хозяйствах. Он возникает в результате деятельности аэробных и анаэробных

микробов в процессе разложения отходов. В результате микробной деятельности образуются вещества, являющиеся источниками неприятных запахов. Эти дурно пахнущие соединения содержат органические частицы, состоящие из летучих жирных кислот, серы (H_2S , меркаптаны) и азота (NH_3) [25]. Например, K. Fakkaew et al. провели обширное исследование образцов сточных вод куриного помета с помощью портативных ручных газоанализаторов в закрытой системе, чтобы охарактеризовать запах и химический состав. Результаты работы K. Fakkaew et al. показали, что общее количество соединений ($n=153$), обнаруженных в курином помете, пробах сточных вод, обладают различными характеристиками. Большинство ароматических соединений, проявляющих раздражающие свойства и неприятный запах, могут вызывать такие последствия для здоровья человека, как раздражение, ожоги и канцерогенный эффект [26].

Микробиологическая пыль, присутствующая в птичниках, может иметь высокие концентрации микроорганизмов и потенциально содержать патогены в подстилке. De Rooij и Gladding, T.L. показали, что птицефабрики с интенсивным выращиванием птицы потенциально выступают источником выбросов сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов в наружный воздух [27]. В Корее уровни воздействия внутри помещений и интенсивность выбросов переносимых по воздуху микроорганизмов были количественно определены отдельно для трех типов птичников (клетки для несушек, птичники для бройлеров и птичники для несушек с лентами для навоза). Результаты исследований показали средние уровни воздействия всех переносимых по воздуху бактерий и грибов. Так, интенсивность переносимых по воздуху микробных выбросов из птицефабрик оценивалась в $0,263 (\pm 0,088) \log$ (КОЕ м⁻²ч⁻¹), $0,839 (\pm 0,371) \log$ (КОЕ м⁻²ч⁻¹) и $0,066 (\pm 0,031) \log$ (КОЕ м⁻²ч⁻¹) и $0,617 (\pm 0,235) \log$ (КОЕ м⁻²ч⁻¹) общего количества переносимых по воздуху грибов. Отмечено, что модели распределения общего количества переносимых по воздуху бактерий и грибов были одинаковыми независимо от типа птичника. Птичники с бройлерами имели самый высокий уровень общего воздействия и выброса переносимых по воздуху бактерий и грибов, за ними следовали птичники с несушками в клетках ($p < 0,05$) [28].

Анализируя вышеприведенное, можно сделать вывод, что загрязняющие вещества, выбрасываемые крупными птицефабриками, являются важным источником загрязнения атмосферного воздуха, потенциально вредны для здоровья работников фермы и людей, проживающих в близлежащих районах. Ввиду серьезности этой проблемы рекомендуется реализовать эффективные методы борьбы с загрязнением.

Воздействие на водные ресурсы. Чрезмерный выброс органических элементов (например, азота, фосфора), загрязняющих веществ (например, лекарственных средств, стероидных гормонов, тяжелых металлов) и патогенов (включая бактерии, грибки и вирусы) из сельскохозяйственных отходов в водные экосистемы может нарушить функционирование водных экосистем и способствовать поражению

растений, а также беспозвоночных и позвоночных животных [29]. Выделяют три аспекта: физико-химический, остаточный и микробиологический.

С точки зрения физической химии, такие соединения можно анализировать с двух сторон: как питательные вещества (азот, фосфор) и тяжелые металлы. Известно, в процессе ведения птицеводства в озера и реки попадают не прошедшие эффективную и своевременную очистку фекалии животных. Большое количество органических веществ в фекалиях приведет к эвтрофикации водоема, и в результате снижается качество воды. Некоторые изучения также были сосредоточены на влиянии тяжелых металлов, содержащихся в отходах птицеводства, на водную среду. В Китае Лю Ванг-Ронг и др., согласно анализу содержания 8 тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Hg, As, Ni) в сельскохозяйственных почвах, установлено, что Zn и Cu в основном поступают из помета скота и птицы. Указанные загрязнители могут мигрировать путем выщелачивания. При этом поверхностные стоки косвенно загрязняют поверхностные и даже подземные воды [30]. Тем временем Хан М. Н. и др. обнаружили, что азотистые соединения и тяжелые металлы из осадков сточных вод могут проникать ниже уровня 0,8 м и потенциально контаминировать неглубокие водоносные горизонты [31].

Что касается лекарственных средств, то важными синтетическими соединениями, используемыми в птицеводстве, являются экзогенные антибиотики, и существует вероятность попадания лекарственных средств в экскременты, формирования лекарственной устойчивости во время применения фармацевтических средств. Как правило, препараты, применяемые на птицефабриках, выделяются с фекалиями и мочой. При правильном сборе и хранении в навозохранилищах они не попадают в поверхностные воды. Однако в некоторых случаях данные соединения могут выделяться непосредственно в водные экосистемы или просачиваться в них из-за неправильного обращения и хранения. В результате экологические проблемы, возникающие в связи с остатками лекарственных препаратов и резистентностью к ним, становятся все более актуальными в области охраны водных ресурсов. Использование антибиотиков в качестве стимуляторов роста было запрещено в Европе и совсем недавно, с 2005 года, в Китае, но они все еще практикуются, особенно в развивающихся странах. В настоящее время широко применяемыми антибиотиками в животноводстве считаются сульфаниламиды, фторхинолоны, тетрациклины, метоксibenзилметазин, метронидазол, β -лактамазы и макролидные антибиотики [32]. При этом наиболее часто используются пенициллины (31%), тетрациклины (27%) и сульфаниламиды (10%) [33]. По данным M. S. Gaballah, около 28–88% антибиотиков, используемых в кормлении животных, выводятся с фекалиями, и порядок скорости их выведения следующий: сульфаниламиды и тетрациклины > триметоприм > метронидазол > фторхинолоны > макроциклические сложные эфиры [34]. Исходя из использования антибиотиков на крупных фермах, они присутствуют в окружающей среде вокруг региона разведения. Таким образом,

повторное использование птичьего помета в качестве удобрения может являться источником поступления данных веществ в водный бассейн [35].

Хлорорганические инсектициды (например, диазинон, малатион) применяют для уничтожения сельскохозяйственных вредителей в птицеводстве. По состоянию на 2022 г., Список наблюдения за поверхностными водами ЕС включал 1 бензопиразоловый инсектицид (фипронил), 7 азольных инсектицидов (имидазол, изоконазол, меконазол, пентаконазол, циклоконазол, тебуконазол, тетраконазол) и 3 других фунгицида (кизастробин, азоксистробин, оксафлуконазол) [36].

Таким образом, выброс избыточных органических элементов (например, азота, фосфора), загрязняющих веществ (например, антибиотиков, тяжелых металлов) и патогенов из отходов птицеводства в водный бассейн может нарушить баланс водных экосистем и таким образом повлиять на здоровье человека.

Выбросы углерода. Углеродный след представляет собой сумму всех выбросов парниковых газов, прямо или косвенно произведенных отдельным лицом, организацией, действием или продуктом. Парниковые газы, в том числе двуокись углерода (CO_2) и метан (CH_4), могут выделяться при расчистке земель, производстве и потреблении продуктов питания, топлива, промышленных товаров, материалов, древесины, дорог, зданий, транспорта и других услуг [37]. Парниковые газы, выбрасываемые в цепочку пищевой и сельскохозяйственной промышленности, в основном включают метан, закись азота и двуокись углерода. В цепочке поставок птицы выбросы в основном связаны с производством кормов, при котором используются корма с высоким уровнем выбросов. А в производстве яиц важными источниками выбросов также является хранение и переработка навоза. Согласно статистическим данным FAO [38], выбросы парниковых газов в глобальной цепочке поставок куриного мяса составляют 606 млн т, что находится на уровне 8% выбросов отрасли, а доля выбросов при производстве кормов в цепочке поставок куриного мяса и яиц соответствует 57%. В то же время навоз, как источник выбросов, приходится 20% эмиссии при производстве яиц и только 6% при производстве бройлеров. Кроме того, на выбросы от потребления энергии, включая прямую энергию, CO_2 в кормах и внехозяйственные выбросы CO_2 , приходится от 35% до 40% выбросов. Представленный анализ показывает, что крупные фермы как источник выбросов являются важным фактором выбросов углерода.

Заключение. В течение десятилетий бурного развития в мире птицеводческая отрасль переживала быстрый и устойчивый рост в связи с бурным ростом населения и увеличением спроса на продукты питания и продовольственную безопасность. Крупномасштабное птицеводство, являющееся основой современного птицеводства, оказывает сильное воздействие на окружающую среду и нуждается в надлежащем управлении, чтобы свести к минимуму его негативные последствия. Анализ существующих исследований по данной теме

свидетельствует о том, что с академической точки зрения важно изучить экологические последствия интенсивного птицеводства в более широком контексте. Как уже упоминалось ранее, различные экологические аспекты (воздух, вода, почва и выбросы углерода), связанные с птицеводством, охватывают выбросы и экологическое воздействие на загрязняющие вещества, такие как питательные вещества (N, P), тяжелые металлы, микроорганизмы, фармацевтические препараты и выбросы углерода (парниковые газы). Тем не менее мы должны признать, что в нашем понимании существуют определенные пробелы, особенно в отношении основных факторов риска и их количественных показателей негативного воздействия птицеводческих предприятий на окружающую среду, которые должны быть тщательно оценены и изучены для смягчения любых потенциальных негативных последствий.

Таким образом, негативные факторы загрязнения окружающей среды от крупномасштабного птицеводства в основном состоят в следующем.

- Сброс сточных вод: крупномасштабное птицеводство производит большое количество сточных вод, содержащих высокую концентрацию азота, фосфора, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ.
- Фекальное загрязнение: фекалии птицы содержат большое количество азота и фосфора, что приведет к эвтрофикации почвы и водоемов, если их не очищать должным образом.
- Выброс газов: крупномасштабное птицеводство производит метан, аммиак, переносит патогены и другие вредные газы, которые негативно влияют на атмосферную среду и здоровье человека.
- Остатки корма: остатки антибиотиков и лекарств в корме могут попадать в окружающую среду через фекалии, влияя на микробные сообщества и экосистемы.

По этой причине необходимо провести эффективную оценку и обозначить количественные показатели загрязнения. Например:

1. Выбросы азота и фосфора: измеряются количеством азота и фосфора, выделяемых на одну птицу в день, как способ измерения общего объема выбросов крупных птицефабрик.
2. Выбросы газов: измеряются количеством метана и аммиака, выделяемых на одну птицу в день, при этом необходимо обращать внимание на концентрацию аммиака, которая является показателем степени загрязнения воздуха аммиаком.
3. Эффективность очистки сточных вод и навоза: измеряется эффективностью работы очистных сооружений и оценивается степень переработки навоза. Стоит обратить внимание на химическую потребность в кислороде, которая является мерой количества органических загрязнителей в водоеме.

4. Концентрация остатков корма: оценивается путем определения концентрации остатков корма в фекалиях и сточных водах, где необходимо обратить внимание на общий азот, общий фосфор и остатки антибиотиков, которые являются мерой количества азота, фосфора и остатков антибиотиков в водоеме и в почве.

Для Беларуси птицеводство является важной частью ее сельскохозяйственного развития. На территории страны существует много крупных птицефабрик. Воздействие на окружающую среду следует контролировать с помощью соответствующих методов, включая рациональные схемы кормления, эффективное использование и утилизацию помета и отходов, контроль эмиссии и т. д. Например, крупным производителям мяса птицы рекомендуется принять необходимые меры для мониторинга и сокращения выбросов. Производителям кормов и фармацевтических препаратов необходимо модифицировать свою продукцию, чтобы минимизировать эмиссию и свести к минимуму негативное воздействие при их использовании.

Список литературы:

- 1, 5, 8-36, 38 см. References
2. Сайт данных нашего мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ourworldindata.org>. – Дата доступа: 15.02.2023.
3. Официальный сайт продукта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://produkt.by>. – Дата доступа: 15.02.2023.
4. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 15.02.2023.
6. Портал Европейского парламента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.europarl.europa.eu>. – Дата доступа: 15.02.2023.
7. Выявление проблем работы предприятий промышленного птицеводства закрытого типа / А.Э. Правосудова, Е.Г. Лаврушина, Е.В. Кийкова // Интеллектуальный потенциал XXI века: 37. Официальный сайт Википедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org>. – Дата доступа: 16.02.2023.

References:

1. Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate / A Mottet [et al.] // Global Food Security. – 2017. – Vo. 14. – P. 1–8.
2. Data Site of Our World [Electronic resource]. – Access mode: <https://ourworldindata.org>. – Access date: 15.02.2023.
3. Official Product Website [Electronic resource]. – Access mode: <https://produkt.by>. – Access date: 15.02.2023.
4. National Statistical Committee of the Republic of Belarus [Electronic resource]. – Access mode: <http://belstat.gov.by/>. – Access date: 15.02.2023.

5. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation / Yuanan Hu, Hefa Cheng, Shu Tao // *Environment International*. – 2017. – Vo. 107 – P. 111–130.
6. European Parliament Portal [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.europarl.europa.eu>. – Access date: 15.02.2023.
7. Identifying Problems in the Operations of Closed-Type Industrial Poultry Enterprises / A.E. Pravosudova, E.G. Lavrushina, E.V. Kiikova // *Intellectual Potential of the 21st Century: Stages of Cognition*. – 2015. – No. 30. – pp. 72–78.
8. Cytotoxicity of odorous compounds from poultry manure / A. Nowak [et al.] // *International journal of environmental research and public health*. – 2016. – Vo. 13, №. 11. – 1046.
9. Progress of research on the application of Internet of Things technology in poultry farming / Xing Weijie [et al.] // *Anhui Agricultural Science*. – 2020. – Vo. 48, №. 17. – P. 15-17. (in Chinese).
10. Composition of poultry litter in Southern Brazil / D A Rogeri [et al.] // *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. – 2016. – 40 P.
11. Li, Y. Prospective environmental solutions for poultry manure recycling / Y. Li, V. Lemiasheuski // *Actual Environmental Problems: Proceedings of the XII International Scientific Conference of young scientists, graduates, master and PhD students, December 1–2, 2022, Minsk, Republic of Belarus / ISEI BSU; edited by S. Maskevitch, M. Germenchuk*. – Minsk, 2022. – P. 110-111.
12. Distribution characteristics, potential contribution, and management strategy of crop straw and livestock-poultry manure in multi-ethnic regions of China: A critical evaluation / Bin Wang [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vo. 274. – 123174.
13. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review / Margaret Kyakuwaire [et al.] // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2019. – Vo. 16, №. 19. – 3521.
14. Hoover, N.L., Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue / N.L. Hoover [et al.] // *J. Environ. Manag.* – 2019. – Vo. 252. – 109582.
15. Biochar and animal manure impact on soil, crop yield and quality / G F Antonious // *J. Agricultural Waste and Residues*. – 2018. – Vo. 2. – P. 65–67.
16. Effects of poultry manure on soil infiltration, organic matter contents and maize performance on two contrasting degraded alfisols in southwestern Nigeria / A J Adeyemo [et al.] // *Int J Recycl Org Waste Agricult.* – 2019. – Vo. 8. – P. 73–80.
17. Combined effect of poultry manure and soil mulching on soil properties, physiological responses, yields and water-use efficiencies of sorghum plants under water stress / I M El-Samnoudi [et al.] // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. – 2019. – Vo. 50, №. 20. – P. 2626–2639.
18. Effects of Subsurface Banding and Broadcast of Poultry Litter and Cover Crop on Soil Microbial Populations / J P Brooks [et al.] // *Journal of Environmental Quality*. – 2019. – Vo. 47, №. 3. – P. 427–435.
19. Muhammad, J., Khan, S., Su, J.Q. et al. Antibiotics in poultry manure and their associated health issues: a systematic review / J Muhammad [et al.] // *J Soils Sediments*. – 2020. – Vo. 20. – P. 486–497.

20. Guan, Q., Wang, F., Xu, C., Pan, N., Lin, J., Zhao, R., Yang, Y., Luo, H. Source apportionment of heavy metals in agricultural soil based on PMF: a case study in Hexi corridor, Northwest China / Q Guan [et al.] // *Chemosphere*. – 2018. – Vo. 193. – P. 189–197.
21. Pollution by antibiotics and antimicrobial resistance in livestock and poultry manure in China and countermeasures // M Tian [et al.] // *Antibiotics*. – 2021. – Vo. 10, №. 5. – 539.
22. Parente C E T, Multi-temporal accumulation and risk assessment of available heavy metals in poultry litter fertilized soils from Rio de Janeiro upland region / C E T Parente [et al.] // *Environmental monitoring and assessment*. – 2019. – Vo. 191. – P. 1-13.
23. Management of poultry manure in Poland Current state and future perspectives / D. Drózd [et al.] // *Journal of Environmental Management*. – 2020. – Vo. 264. – 110327.
24. Waste from rearing and slaughter of poultry—treat to the environment or feedstock for energy / S Myszograj, E Puchalska // *J. Medycyna Środowiskowa*. – 2012. – Vol. 15, №. 3. – P. 106-115.
25. Rapid health impact assessment of a proposed poultry processing plant in Millsboro, Delaware / L Baskin-Graves [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16, №. 18. – P. 3429.
26. Characteristics of Gases Emitted from Chicken Manure Wastewater and Potential Effects on Human Health / K Fackaew [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2022. – Vol. 29, №. 42. – P. 63227-63232.
27. Endotoxin and particulate matter emitted by livestock farms and respiratory health effects in neighboring residents / M M T. de Rooij [et al.] // *Environment international*. – 2019. – Vol. 132. – 105009.
28. On-Site Investigation of Airborne Bacteria and Fungi According to Type of Poultry Houses in South Korea / S J Lee, K Y Kim // *J. Processes*. – 2021. – Vol. 9, Iss. 9. – P. 1534.
29. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation / Y Hu, H Cheng, S Tao // *Environment international*. – 2017. – Vol. 107. – P. 111–130.
30. Comparisons of pollution characteristics, emission situations, and mass loads for heavy metals in the manures of different livestock and poultry in China / Liu Wang-Rong [et al.] // *Science of the Total Environment*. – 2020. – Vol. 734. – P. 139023.
31. Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater / M N Khan [et al.] // *J. Encyclopedia of the Anthropocene*. – 2018. – Vol. 5. – P. 225-240.
32. Invited review: Fate of antibiotic residues, antibiotic-resistant bacteria, and antibiotic resistance genes in US dairy manure management systems / J P Oliver, C A Gooch [et al.] // *J. Journal of dairy science*. – 2020. – Vol. 103, №. 2. – P. 1051-1071.
33. EMA, 2021. Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2019 and 2020 – trends from 2010 to 2020.
34. A review targeting veterinary antibiotics removal from livestock manure management systems and future outlook / M S Gaballah [et al.] // *J. Bioresource Technology*. – 2021. – Vol. 333. – P. 125069.
35. Towards the understanding of antibiotic occurrence and transport in groundwater: Findings from the Baix Fluvià alluvial aquifer (NE Catalonia, Spain) / M Boy-Roura [et al.] // *J. Science of the total environment*. – 2018. – Vol. 612, – P. 1387-1406.

36. EU, 2022. Commission Implementing Decision (EU) 2022/1307 of 22 July 2022 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council.
37. Official Wikipedia Website [Electronic resource]. – Access mode: <https://en.wikipedia.org>. – Access date: 16.02.2023.
38. Responding to climate change with livestock farming: global greenhouse gas emissions assessment and mitigation / edited by Food and Agriculture Organization of the United Nations; translated by Zhu Cong. – Beijing: China Agricultural Press, 2018.8. (in Chinese).

Поступила/Received: 21.10.2024

Принята в печать/Accepted: 15.11.2024