

Технологические показатели выбросов и сбросов загрязняющих веществ с птицефабрик и наилучшие доступные технологии, снижающие их негативное воздействие на окружающую среду

О. В. ИВАНОВА¹, В. А. ТЕРЕЩЕНКО², Е. А. ИВАНОВ²

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Российская Федерация

²Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», просп. Свободный, 66, Красноярск, 660041, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью определения технологических показателей выбросов и сбросов загрязняющих веществ с предприятий по интенсивному разведению сельскохозяйственной птицы и рекомендации приемов, снижающих их негативное воздействие на окружающую среду. В атмосферном воздухе птицефабрик яичного и мясного направления, отнесенных к объектам I категории (проектная мощность 2 млн птице-мест и более), уровень выбросов аммиака в атмосферном воздухе не должен превышать 156,63 г/тыс. яиц в год и 1,763 т/тыс. т живой массы в год, сероводорода – соответственно 10,92 и 0,27; этилмеркаптана – 0,051 и 0,0018; диметилсульфида – 23,47 и 0,79; спирта метилового – 16,0 и 0,299; серы диоксида – 44,69 г/тыс. яиц в год и 1,393 т/тыс. т живой массы в год. Уровень технологических показателей загрязняющих веществ в сбросах в водные объекты для птицефабрик не должен превышать: биохимическое потребление кислорода (БПК полн.) – 3,0 мг/дм³, химическое потребление кислорода (ХПК) – 30,0 мгО₂/дм³, содержание нефтепродуктов (нефти) – 0,05 мг/дм³. К наилучшим доступным технологиям, обеспечивающим снижение уровня выбросов и сбросов загрязняющих веществ можно отнести применение пробиотиков и ферментных препаратов в кормлении птицы, использование рекуператоров (теплоутилизаторов) и зоогигиенического подстилочного материала в птичниках, длительное выдерживание и компостирование помета.

Ключевые слова: сельскохозяйственная птица, загрязняющие вещества, выбросы, сбросы, фермент, пробиотик, зоогигиенический подстилочный материал, рекуперация, переработка помета, компостирование помета.

Сведения об авторах: О. В. Иванова¹, доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой (e-mail: o.v.ivanova@rgau-msha.ru); В. А. Терещенко², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; Е. А. Иванов², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Для цитирования: Иванова О. В., Терещенко В. А., Иванов Е. А. Технологические показатели выбросов и сбросов загрязняющих веществ с птицефабрик и наилучшие доступные технологии, снижающие их негативное воздействие на окружающую среду // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39. № 6. С. 89–95. doi: 10.53859/02352451_2025_39_6_89

Technological indicators of emissions and discharges of pollutants from poultry farms and the best available technologies to reduce their negative impact on the environment

O. V. Ivanova¹, V. A. Tereshchenko², E. A. Ivanov²

¹Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

²Krasnoyarsk Agricultural Research Institute, Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center", Siberian branch, Russian Academy of Sciences, prosp. Svobodnyi, 66, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Abstract. The studies aimed to determine the technological indicators of emissions and discharges of pollutants from enterprises for intensive breeding of agricultural poultry and to recommend methods that reduce their negative impact on the environment. In the atmospheric air of poultry farms for egg and meat production, classified as Category I facilities (design capacity of 2 million bird places or more), the level of ammonia emissions in the atmospheric air should not exceed 156.63 g/thousand eggs per year and 1.763 t/thousand tons of live weight per year, hydrogen sulphide – 10.92 and 0.27, respectively; ethyl mercaptan – 0.051 and 0.0018; dimethyl sulphide – 23.47 and 0.79; methyl alcohol – 16.0 and 0.299; sulphur dioxide – 44.69 g/thousand eggs per year and 1.393 t/thousand tons of live weight per year. The level of technological indicators of pollutants in discharges into water bodies for poultry farms should not exceed: biochemical oxygen demand (BOD total) – 3.0 mg/dm³, chemical oxygen demand (COD) – 30.0 mgO₂/dm³, content of petroleum products (oil) – 0.05 mg/dm³. The best available technologies that ensure the reduction of the level of emissions and discharges of pollutants include the use of probiotics and enzyme preparations in poultry feeding, the use of recuperators (heat recoverers) and zoohygienic bedding material in poultry houses, long-term ageing and composting of manure.

Keywords: poultry; pollutants; emissions; discharges; enzyme; probiotic; zoohygienic bedding material; recuperation; processing of manure; composting of manure.

Author Details: O. V. Ivanova¹, D. Sc. (Agr.), head of department, (e-mail: o.v.ivanova@rgau-msha.ru); V. A. Tereshchenko², Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; E. A. Ivanov², Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow

For citation: Ivanova OV, Tereshchenko VA, Ivanov EA. [Technological indicators of emissions and discharges of pollutants from poultry farms and the best available technologies to reduce their negative impact on the environment]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2025;39(6):89–95. Russian. doi: 10.53859/02352451_2025_39_6_89

На сегодняшний день в соответствии с приоритетными направлениями развития сельского хозяйства и стратегического планирования развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации необходимо сформировать высокотехнологичный агропромышленный ком-

плекс и развивать импортозамещающие подотрасли; обеспечивать продовольственную независимость страны; повышать конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках; повышать финансовую устойчивость товаропроизводителей АПК; устойчивое развитие сельских

территорий, а также экологизацию производства [1, 2]. Эти задачи предполагается реализовать посредством перехода на государственное регулирование на основе применения наилучших доступных технологий (НДТ) [3].

В соответствии с ФЗ № 7 от 10.01.2024 (Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025, принят 20.12.2001, одобрен 26.12.2001. М., 2002) под термином наилучшие доступные технологии понимают самые передовые достижения науки и техники, наносящие наименьший вред природе, безопасные для человека и выгодные с экономической точки зрения.

Применение системы наилучших доступных технологий в целом направлено на рациональное использование природных ресурсов и повышение энергоэффективности производства, распространение малоотходных и безотходных технологий [4, 5]. Это особенно актуально для птицеводства в связи с тем, что многие предприятия отрасли служат источниками загрязнения окружающей среды, создавая серьезные экологические проблемы. В зоне их функционирования возможно загрязнение атмосферного воздуха микроорганизмами, пылью, дурнопахнущими органическими соединениями (продуктами разложения органических отходов), а также окислами азота, серы, углерода [5].

Цель исследований – определение технологических показателей выбросов и сбросов загрязняющих веществ с предприятий по интенсивному разведению сельскохозяйственной птицы и рекомендации приемов, снижающих их негативное воздействие на окружающую среду

Условия, материалы и методы. Для проведения исследований на основании приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №616 от 27.02.2023 была создана техническая рабочая группа (ТРГ 42), в состав которой вошли 80 представителей различных организаций: федеральных органов исполнительной власти, птицеводческих предприятий, высших учебных заведений, научно-исследовательских институтов и общественных организаций. Членами ТРГ-42 были разработаны анкеты для сбора данных по производственным и технологическим показателям, выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух (более 67 показателей), сбросам загрязняющих веществ в водные объекты (31 показатель), а также по расходу ресурсов, переработке помета и количеству отходов. Анкеты, заполненные специалистами птицефабрик, поступали на обработку в обезличенном виде, исключая определение принадлежности данных конкретным предприятиям. На основании этих анкет

определяли предельно допустимые технологические показатели выбросов в атмосферный воздух и сбросов в водные объекты загрязняющих веществ.

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при интенсивном разведении сельскохозяйственной птицы, была

получена в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям, и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным Приказом Минпромторга России от 18.12.2019 г. № 4841 («Об утверждении порядка сбора и обработки данных, необходимых для разработки и актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям»: приказ Минпромторга РФ, зарег. 21.02.2020 № 57577).

Наилучшие доступные технологии, применяемые при интенсивном разведении сельскохозяйственной птицы, устанавливали на основании Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной (Об утверждении методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии: Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 23 августа 2019 года № 3134 // СПС «Консультант Плюс») и Правил определения технологии в качестве наилучшей доступной (Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (с изм. и доп.): Распоряжение Правительства РФ от 10 июня 2022 г. № 1537-р // СПС «Консультант Плюс»).

Результаты и обсуждение. Путем анализа анкет и голосования членов ТРГ-42 большинством голосов (более 55 %) с учетом мнения экспертов к маркерным (загрязняющим) веществам в расчете не единицу продукции (яиц и мяса) для атмосферного воздуха были отнесены аммиак, сероводород, этилмеркаптан, диметилсульфид, спирт метиловый, серы диоксид, для водных объектов – биохимическое потребление кислорода (БПК полн.), химическое потребление кислорода (ХПК), нефтепродукты (нефть). Согласно установленным предельно допустимым значениям, например, выбросы аммиака в атмосферный воздух при производстве 1,0 тыс. шт. яиц не должны превышать 156,63 г/год, при производстве 1,0 тыс. т живой массы сельскохозяйственной птицы – 1,763 т/год, сероводорода – соответственно 10,92 г/год и 0,27 т/год (см. табл.).

Сточные воды птицефабрик, образующиеся в результате сбросов воды из системы поения, а также после мойки птичников, оборудования, тары, складских помещений, при попадании в открытые водоёмы и грунтовые воды загрязняют их патогенной и условно-патогенной микрофлорой, аммиаком, пестицидами, кормовыми добавками, тяжелыми металлами. Для предотвращения загрязнения водных объектов сбросами с высокой концентрацией органических веществ членами ТРГ 42 было определено, что уровень био-

Таблица. Перечень технологических показателей выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для предприятий по интенсивному разведению сельскохозяйственной птицы яичного и мясного направления продуктивности

Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимые значения для птицефабрик	
	яичного направления, г/тыс. яиц в год	мясного направления, т/тыс. т живой массы в год
Аммиак	156,63	1,763
Сероводород	10,92	0,27
Этилмеркаптан	0,051	0,0018
Диметилсульфид	23,47	0,79
Спирт метиловый	16,0	0,299
Серы диоксид	44,69	1,393

химического потребления кислорода (БПК полн.) не должен превышать 3,0 мг/дм³, химического потребления кислорода (ХПК) – 30,0 мгО₂/дм³, нефтепродуктов (нефти) – 0,05 мг/дм³.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 г. № 2398 («Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»: постановление Правительства РФ, опубл. 04.01.2021), к объектам I категории, негативно воздействующим на окружающую среду, относятся предприятия по разведению сельскохозяйственной птицы с проектной мощностью 2 млн птице-мест и более. Они были обязаны до 1 января 2025 г. обратиться в Росприроднадзор и получить комплексное экологическое разрешение (КЭР) для осуществления дальнейшей деятельности. Перечисленные показатели учитываются при оформлении этого документа, позволяющего легально вести хозяйственную деятельность, соблюдать нормативы по защите окружающей среды [6]. При выдаче КЭР определяется соответствие технологических процессов, оборудования, технических способов и методов наилучшим доступным технологиям (Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025, принят 20.12.2001, одобрен 26.12.2001. М., 2002).

К птицефабрикам I категории, работающим без получения КЭР, при расчете платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) будет применяться повышающий коэффициент 100 (п. 5 ст. 16.3 Закона об охране окружающей среды). В результате платежи за выбросы и сбросы загрязняющих веществ могут достигать 100...150 млн руб. с одного предприятия, что должно стимулировать руководителей усиливать работу по модернизации птицефабрик.

Наилучшие доступные технологии предусматривают использование таких кормовых добавок, способствующих снижению затрат кормов на единицу продукции, повышению продуктивности и сохранности поголовья, усвояемости кормов, как пробиотики и ферментные препараты.

Пробиотики – это живые микробные культуры, оказывающие полезное воздействие на организм путем улучшения его кишечного микробного баланса. Это экологически безопасные препараты, безвредные для животных и птицы. Применение пробиотиков – важный элемент разработки кормовой стратегии и повышения сохранности птицы [7, 8].

Пробиотики улучшают микробный баланс (подавляют патогенную и условно-патогенную микрофлору кишечника, увеличивая количество бифидобактерий и лактобацилл), восстанавливают нормальную микрофлору желудочно-кишечного тракта, нарушенную после антибиотикотерапии, стимулируют развитие иммунитета, гемопоэза, нормализуют белковый и минеральный обмены, способствуют повышению продуктивности животных и птицы. При включении пробиотиков в рацион цыплят с первого дня их жизни сохранность поголовья достигает 98...100 %, против 88...94 % без их использования [9, 10, 11]. Более того, применение пробиотиков может способствовать снижению загрязнения окружающей среды и общему повышению безопасности пищевых продуктов [12].

Пробиотики также используют для улучшения антиоксидантного статуса благодаря активации

антиоксидантных ферментов и снижению перекисного окисления липидов. Кроме того, пищевые пробиотические микроорганизмы способны стимулировать гуморальный и клеточный иммунитет и регулировать противовоспалительные цитокины в организме. Известно также, что пробиотики способствуют снижению теплового стресса у домашней птицы [13, 14].

В России получили распространение пробиотики на основе бифидобактерий (*Bifidobacterium*), лактобацилл (*Lactobacillus*), энтерококков (*Enterococcus*), дрожжей и бацилл (анаэробы – спорообразующие бактерии рода *Clostridium*, аэробы – спорообразующие бактерии рода *Bacillus*) [15, 16]. Многокомпонентные пробиотические препараты оказывают синергическое воздействие [17]. Новое направление в биотехнологии – получение пробиотиков в виде биопленки, что обеспечивает живым пробиотическим бактериям повышенную жизнеспособность и устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды (высушивание, гранулирование кормов, присутствие антибиотиков) [18].

Применение ферментных препаратов необходимо, например, при использовании зерна нового урожая, а также при наличии в кормах значительной доли трудногидролизуемых компонентов. В современных комбикормах используют ферменты, предназначенные для расщепления некрахмалистых полисахаридов (карбогидразы, ксиланазы) и высвобождения фосфора из фитиновой кислоты, которая в больших количествах содержится в растительном сырье. Ферменты, действие которых направлено на расщепление некрахмалистых полисахаридов, обеспечивают образование фрагментов меньшей молекулярной массы и способствуют снижению вязкости химуса в желудочно-кишечном тракте. Благодаря повышению переваримости питательных веществ и улучшению их всасывания в тонком отделе кишечника такой прием нормализует обмен веществ и увеличивает продуктивность птицы [19]. Кроме того, применение ферментных добавок способствует уменьшению неприятного запаха, исходящего от птицеводческих ферм, поскольку в результате повышения эффективности использования питательных веществ кормов в организме птицы, снижается их доступное для разложения микробами содержание в навозе, что, в свою очередь, увеличивает экологичность птицеводства и позволяет экономить на применении различных технологий фильтрации и адсорбции [20]. На сегодняшний день практикуется применение матриц, с помощью которых можно корректировать питательность кормов благодаря действию ферментных препаратов. При этом, как свидетельствует опыт ВНИТИП и передовых предприятий, при работе с дешевыми компонентами и высокой их доле в составе комбикорма в сочетании с ферментными препаратами лучше воздержаться от использования таких матриц, поскольку их необходимо на постоянной основе анализировать и периодически обнулять, сопоставлять рационы до и после применения фермента (определять, что именно и в каком количестве ферментный препарат исключает из рациона), чтобы не допустить ущерба для зоотехнических показателей птицы [21].

К числу НДТ, обеспечивающих энергосбережение, можно отнести применение в птичниках *рекуператоров* (теплоутилизаторов). Их использование

обеспечивает возвращение части энергии, расходуемой на теплохолодоснабжение, для повторного использования в том же процессе. Принцип работы рекуператора заключается в том, что поток тёплого воздуха, загрязнённого CO_2 и прочими газами, удаляемый из помещения, при прохождении через такое устройство нагревает его рабочие элементы. В свою очередь холодный поток воздуха, входящий в систему вентиляции, проходя через рекуператор, нагревается в результате теплообмена с его рабочими элементами [22].

При производстве мяса бройлеров птицефабрики выбрасывают из птичников за отопительный сезон до 5,6 млн Гкал. Использование теплоутилизаторов только на бройлерных предприятиях позволит уменьшить годовой выброс тепла на 1,6 млн Гкал, что эквивалентно снижению потребности в газе на 0,8 млрд м^3 . С учётом того, что затраты тепла на подогрев притока в 4...6 раз больше теплопотерь птичника, утилизация тепла вытяжных вентиляционных систем перспективное направление повышения эффективности отрасли.

Однако при отрицательных температурах окружающей среды теплообменные установки имеют склонность к обмерзанию в зоне выхода удаляемого из помещения влажного воздуха, что приводит к увеличению аэродинамического сопротивления и повышает вероятность частичного или полного закупоривания. Решение этой проблемы возможно при предварительном подогреве холодного приточного воздуха до температуры, исключающей обмерзание. Для реализации этого способа рекуперативные установки оснащают жидкостными или электрокалориферами [23]. В условиях Череповецкой птицефабрики использование подобного теплоутилизатора при температуре наружного воздуха -15°C обеспечивало подачу на калорифер догрева воздушного потока с температурой 0°C , а его строительство окупалось за один отопительный сезон [22].

Для поддержания хорошего состояния оперения птицы и снижения выбросов аммиака в окружающую среду необходимо следить за подстилкой и обеспечивать хорошую вентиляцию [24]. Состояние подстилочного материала – важный показатель состояния напольного содержания птицы нормам по охране здоровья и благополучию. Такой материал может быть органическим (древесина, растительное сырьё) или неорганическим (глина, песок), и, как правило, должен хорошо впитывать влагу, быть легкодоступным, удобным и нетоксичным для птицы. Древесина – органический возобновляемый ресурс, хорошо регулирующий влажность и обладающий противомикробными свойствами, побочные продукты ее переработки обычно применяют в качестве подстилки для птицы во многих странах. Снижение образования аммиака, по сравнению, например, с песком или лузгой, при использовании такого материала составляет около 50 %. Кроме того, существует несколько вариантов его экологически безопасной утилизации. Птицы, выращенные на таком подстилочном материале, демонстрируют более крепкое здоровье и благополучие. Противомикробные свойства древесины могут способствовать снижению количества определённых патогенов в среде обитания птицы, а подстилочные материалы на ее основе не оказывают негативного влияния на продуктивность птицы [25].

Зоогигиенический подстилочный материал представляет собой древесную стружку, полученную путем строгания древесины (хвойных и лиственных пород) и ее сепарирования на вибрационном сите и обеззараживания путем термической обработки при температуре $t=200^\circ\text{C}$ в течение 10...15 мин [25]. Частицы стружки имеют длину 10...60 мм, ширину – 5...20, толщину – 0,1...0,6 мм и изогнуты в направлении поперек волокон со стрелой прогиба не менее 1 мм. Влагоемкость такого подстилочного материала составляет 340...480 % (ТУ 16.29.14-001-41790155-2022).

Использование зоогигиенического подстилочного материала при содержании цыплят-бройлеров способствует улучшению параметров микроклимата в птичнике, а именно уменьшению влажности воздуха на 5,3 %, содержания аммиака – на 3,9 мг/м^3 , углекислого газа – на 0,04 %, пыли – на 0,9 мг/м^3 [26].

Важное направление улучшения экологичности и экономической эффективности отрасли связано с переработкой птичьего помета. Его значительные объёмы, образующиеся на птицефабриках, необходимо правильно хранить. Неправильное обращение может вызвать выброс метана, углекислого газа и аммиака в атмосферу [27, 28].

Благодаря химическому составу птичьего помета после соответствующей переработки его можно применять в качестве удобрения для повышения плодородия почвы [29]. Однако чрезмерное использование таких удобрений может приводить к загрязнению окружающей среды (ухудшение качества воздуха, увеличение выбросов парниковых газов, накопление вредных микроэлементов, эвтрофикация в водоёмах [30]. Это обуславливает необходимость изучения альтернативных способов обработки и использования куриного помёта [31, 32].

Наиболее простой способ обезвреживания помета – длительное (4...12 месяцев в зависимости от природно-климатических условий) выдерживание на специализированных гидроизолированных площадках. С целью снижения потерь азота и распространения запаха аммиака при хранении помета рекомендуется осуществлять покрытие буртов полиэтиленовой пленкой, торфом, цеолитом, фосфогипсом, землей.

Компостирование помета основано на его естественном биологическом обезвреживании в смеси с влагопоглощающими материалами либо без них. В качестве влагопоглощающего материала могут быть использованы торф, измельченная солома, опилки, древесная кора и другие органические компоненты [31].

Процесс компостирования заключается в смешивании помета с другими органическими веществами и наполнителями для облегчения аэробного микробного разложения и получения свободного от патогенов конечного продукта пригодного для использования [33]. Эффективное протекание биотермических процессов в компостах обеспечивает соблюдение следующих условий: высокая гомогенность смеси; влажность смеси 65...70 %; реакция среды pH 6,5...7,7; достаточная аэрация в процессе компостирования (рыхлая укладка буртов); положительный тепловой баланс, оптимальное соотношение C:N (углерода к азоту) на уровне (20...30):1. Исходная влажность помета для приготовления компостов не должна превышать 64...82 %, торфа – 50...60, соломы – 14...16, опилок – 16...25, древесной коры – 50...60, лигнина – 60 %.

Конечный продукт компостирования птичьего помета может использоваться в коммерческих целях как

органическое удобрение, поскольку его применение улучшает структуру почвы, стимулирует рост растений [34]. Главные его недостатки – потеря азота, которая связана с нежелательным испарением аммиака в атмосферу или нитратов в водоемы. Замена синтетических удобрений компостом улучшает био-разнообразие почвы и снижает экологический риск вымывания питательных веществ. Компостирование органических отходов, по сравнению с захоронением на полигонах, предотвращает загрязнение грунтовых вод [35].

Ускоренное компостирование возможно путем биоферментации с использованием различных установок, основанной на управлении развитием аэробных бактерий. Технологический процесс протекает в искусственных условиях при непрерывной аэрации компостной смеси путем принудительной подачи воздуха. Компостная смесь на входе в биоферментер должна быть тщательно перемешана и иметь температуру не менее 10 °С. Температура подаваемого воздуха должна находиться в диапазоне 10...50 °С в зависимости от температуры наружного воздуха. Продолжительность процесса компостирования составляет 7...8 суток. Получаемый продукт представляет собой однородную сыпучую массу темно-коричневого цвета без неприятного запаха влажностью 55...70 % (РД-АПК 1.10.15.02-17).

С использованием минеральных добавок (фосфоритной муки, фосфогипса, порошкового суперфосфата и др.), а также «микробных заквасок» (ассоциаций из группы активных термофильных микроорганизмов) осуществляется компостирование помета с заданными свойствами. При pH исходного помета в пределах 7,0 и торфа до 5,0 в компостную смесь можно добавлять фосфоритную муку или фосфогипс, при pH торфа более 5,0 – суперфосфат в количестве 15...30 кг на 1 т смеси. Целесообразность, сроки смешивания и виды минеральных удобрений, подлежащих

добавлению в компостную смесь, устанавливают в зависимости от конкретных условий производства (РД-АПК 1.10.15.02-17).

Заключение. Таким образом, уровень технологических показателей выбросов аммиака для птицефабрик яичного и мясного направления, отнесенных к объектам I категории (проектная мощность 2 млн птице-мест и более) не должен превышать соответственно 156,63 г/тыс. яиц в год и 1,763 т/тыс. т живой массы в год, сероводорода – 10,92 и 0,27; этилмеркаптана – 0,051 и 0,0018; диметилсульфида – 23,47 и 0,79; спирта метилового – 16,0 и 0,299; серы диоксида – 44,69 г/тыс. яиц в год и 1,393 т/тыс. т живой массы в год. Уровень БПК полн. в сбросах в водные объекты не должен превышать 3,0 мг/дм³, ХПК – 30,0 мгО₂/дм³, нефтепродуктов (нефти) – 0,05 мг/дм³. Для повышения уровня защиты окружающей среды и эффективности ресурсосбережения при выращивании птицы целесообразно использование в кормлении птицы пробиотиков и ферментных препаратов; применение рекуператоров и зоогигиенического подстилочного материала; компостирование и биоферментация помета разными способами, комплексное применение которых будет способствовать повышению экологической эффективности птицефабрик.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках Тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации за счет средств федерального бюджета.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».
2. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года / Министерство экономического развития Российской Федерации. М.: Март, 2013. 354 с.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.11.2021 № 2063 «О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» (с изм. и доп. от 24.12.2021, 18.04.2022, 02.12.2023). утв. 26.11.2021. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402300/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/ (дата обращения: 01.06.2025).
4. О разработке информационно-технического справочника наилучших доступных технологий ИТС 42-2023 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы» / В. И. Трухачев, О. В. Иванова, Е. А. Иванов и др. // Птицеводство. 2024. № 2. С. 25–28. doi: 10.33845/0033-3239-2024-73-2-25-28.
5. О снижении выбросов загрязняющих веществ птицефабрик путем внедрения наилучших доступных технологий / В. И. Трухачев, О. В. Иванова, Е. А. Иванов и др. // Зоотехния. 2024. № 2. С. 35–38. doi: 10.25708/ZT.2024.22.40.010.
6. Сорокин Н. Д. О технологических нормативах в КЭР // Экология производства. 2024. № 8 (241). С. 68–75.
7. Effects of probiotic feed additives (Biosol and Zemos) on growth and related genes in broiler chickens / N. Hassan, I. Mostafa, M. A. Elhady, et al. // Italian Journal of Animal Science. 2021. Vol. 21. No. 1. P. 62–73. doi: 10.1080/1828051X.2021.2016509.
8. Advantages of Bacillus-based probiotics in poultry production / U. Ramlucken, R. Laloo, Y. Roets, et al. // Livestock Science. 2020. Vol. 241. Article 104215. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141320300500?via%3Dihub> (дата обращения 27.08.2024). doi: 10.1016/j.livsci.2020.104215.
9. Пробиотики на основе бактерий рода Bacillus в птицеводстве / Н. В. Феоктистова, А. М. Марданова, Г. Ф. Хадиева и др. // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2017. Т. 159. Кн. 1. С. 85–107.
10. Prebiotics, probiotics and postbiotics for sustainable poultry production / R. C. Reuben, S. L. Sarkar, P. C. Roy, et al. // World's Poultry Science Journal. 2021. Vol. 77. No. 4. P. 825–882. doi: 10.1080/00439339.2021.1960234.
11. Molina A. Probiotics and their mechanism of action in animal feed // Agronomy Mesoamericana. 2019. Vol. 30. No. 2. P. 601–611. doi: 10.15517/am.v30i2.34432.
12. Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts / S. Dong, L. Li, F. Hao, et al. // Poultry Science. 2024. Vol. 103. No. 2. Article 103287. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579123008064> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1016/j.psj.2023.103287.
13. Ebeid T. A., Al-Homidan I. H., Fathi Moataz M. Physiological and immunological benefits of probiotics and their impacts in

- poultry productivity // *World's Poultry Science Journal*. 2021. Vol. 77. No. 4. P. 883–899. doi: 10.1080/00439339.2021.1960239.
14. Probiotics as therapeutic, antioxidant and immunomodulatory agents against poultry coccidiosis / M. Mohsin, R. Z. Abbas, G. Yin, et al. // *World's Poultry Science Journal*. 2021. Vol. 77. No. 2. P. 331–345. doi: 10.1080/00439339.2021.1883412.
 15. Севастьянова Т. В. Структура рынка пробиотиков в России // *Аграрная наука*. 2023. № 10. С. 50–56. doi: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-50-56.
 16. In vivo and in vitro assessment of commercial probiotic and organic acid feed additives in broilers challenged with *Campylobacter coli*. / M. Mortada, D. E. Cosby, R. Shanmugasundaram, et al. // *Journal of Applied Poultry Research*. 2020. Vol. 29. No. 2. P. 435–446. doi: 10.1016/j.japr.2020.02.001.
 17. Khomayezi R., Adewole D. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: An overview of their delivery routes and effects on growth and health of broiler chickens // *World's Poultry Science Journal*. 2021. Vol. 78. No. 1. P. 57–81. doi: 10.1080/00439339.2022.1988804.
 18. Новое поколение пробиотических препаратов кормового назначения / Н. А. Ушакова, Р. В. Некрасов, В. Г. Правдин и др. // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 1. С. 184–192.
 19. Обзор кормовых ферментов. URL: https://www.tsenovik.ru/bizness/archive/182/?ELEMENT_ID=35346 (дата обращения: 01.06.2023).
 20. Controlling odour emissions in poultry production through dietary interventions: Prospects and challenges / G. Adamu, H. A. Hassim, P. Kumar, et al. // *World's Poultry Science Journal*. 2024. Vol. 80. No. 4. P. 1101–1122. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00439339.2024.2384868> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1080/00439339.2024.2384868.
 21. Методическое пособие по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова и др.; под общ. ред. В. И. Фисинина и Е. А. Егорова. Сергиев Посад: Гран-При, 2021. 360 с.
 22. Скляр А. В. Ресурсосберегающие технологии выращивания птиц на мясо: дис. ... д-ра с.-х. наук. Сергиев Посад, 2022. 315 с.
 23. Васильков А. А., Смирнова А. А. Использование теплообменных аппаратов для снижения энергозатрат при обеспечении оптимального микроклимата в объектах АПК // *Аграрный вестник Нечерноземья*. 2022. № 1 (5). С. 30–35.
 24. Welfare issues in broiler chickens: overview / B. Tainika, A. Sekeroglu, A. Akyol, et al. // *World's Poultry Science Journal*. 2023. Vol. 79. No. 2. P. 285–329. doi: 10.1080/00439339.2023.2175343.
 25. Wood-based litter in poultry production: A review / M. T. Munir, C. Belloncle, M. Irle, et al. // *World's Poultry Science Journal*. 2019. Vol. 75. No. 1. P. 5–16. doi: 10.1017/S0043933918000909.
 26. Оськин Р. И., Зайцев А. В. Материал подстилочный зооигиенический // *Патент РФ № 2735620*, 05.11.2020.
 27. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health / G. Grzanic, A. Piotrowicz-Cieslak, A. Klimkowicz-Pawlas, et al. // *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 858. No. 3. Article 160014 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722071145?via%3Dihub> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160014.
 28. Poultry waste management-manure / J. A. Hamidu, A. Osie-Adjei, A. D. Oduro-Owusu // *Dikeman M. Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier, 2022. P. 56–71. doi: 10.1016/B978-0-323-85125-1.00136-8.
 29. Management of poultry manure in Poland – Current state and future perspectives / D. Drozd, K. Wystalska, K. Malinska, et al. // *Journal of Environmental Management*. 2020. Vol. 264. Article 110327. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720302620> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110327.
 30. Enhanced growth and activities of the dominant functional microbiota of chicken manure composts in the presence of maize straw / L. Zhang, L. Li, X. Pan, et al. // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Article 1131. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2018.01131/full> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.3389/fmicb.2018.01131.
 31. A review on treatment processes of chicken manure / M. Devendran Manogaran, R. Shamsuddin, M. H. Mohd Yusoff, et al. // *Cleaner and Circular Bioeconomy*. 2022. Vol. 2. Article 100013. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772801322000112> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1016/j.clcb.2022.100013.
 32. Effect of mineral additives and ammonia-oxidizing bacteria additions on physicochemical properties, nitrogen retention and microbial dynamics during vermicomposting of chicken manure and green waste / G. Xiaoqiang, J. Lin, L. Mengqin, et al. // *Environmental Technology & Innovation*. 2024. Vol. 36. Article 103845. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186424003213?via%3Dihub> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1016/j.eti.2024.103845.
 33. Akdeniz N. A systematic review of biochar use in animal waste composting // *Waste Management*. 2019. Vol. 88. P. 291–300. doi: 10.1016/j.wasman.2019.03.054.
 34. Biological nutrient removal and recovery from solid and liquid livestock manure: recent advance and perspective / M. Zubair, S. Wang, P. Zhang, et al. // *Bioresource Technology*. 2020. Vol. 301. Article 122823. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852420300924> (дата обращения: 28.08.2024). doi: 10.1016/j.biortech.2020.122823.
 35. Waste management through composting: challenges and potentials / M. S. Ayilara, O. S. Olanrewaju, O. O. Babalola et al. // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. No. 11. P. 44–56. doi: 10.3390/su12114456.

References

1. Federal'nyi zakon ot 28.06.2014 № 172-FZ "O strategicheskoy planirovaniy v Rossiiskoy Federatsii" [Federal Law of 28.06.2014 No. 172-FZ "On Strategic Planning in the Russian Federation"]. Russian.
2. Prognoz dolgosrochnnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiiskoy Federatsii na period do 2030 goda [Forecast of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2030]. Moscow: Mart; 2013. 354 p. Russian.
3. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoy Federatsii ot 26.11.2021 № 2063 «O vnesenii izmenenii v Gosudarstvennyy programmu razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaistvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya i priznanii utrativshimi silu otdel'nykh polozhenii nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiiskoy Federatsii» (s izm. i dop. ot 24.12.2021, 18.04.2022, 02.12.2023). utv. 26.11.2021 [Resolution of the Government of the Russian Federation of 26.11.2021 No. 2063 "On Amendments to the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Markets, Raw Materials and Food and Recognizing as Invalid Certain Provisions of Certain Acts of the Government of the Russian Federation" (as amended and supplemented on 24.12.2021, 18.04.2022, 02.12.2023). approved 26.11.2021] [Internet]. [cited 2025 Jun 1]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402300/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/. Russian.
4. Trukhachev VI, Ivanova OV, Ivanov EA, et al. [On the development of an information and technical reference book of the best available technologies ITS 42-2023 "Intensive breeding of agricultural poultry"]. *Ptitsvodstvo*. 2024;(2):25-8. Russian. doi: 10.33845/0033-3239-2024-73-2-25-28.
5. Trukhachev VI, Ivanova OV, Ivanov EA, et al. [On reducing pollutant emissions from poultry farms by implementing the

best available technologies]. *Zootekhnika*. 2024;(2):35-8. Russian. doi: 10.25708/ZT.2024.22.40.010.

6. Sorokin ND. [On technological standards in the integrated environmental permits]. *Ekologiya proizvodstva*. 2024;(8):68-75. Russian.
7. Hassan N, Mostafa I, Elhady MA, et al. Effects of probiotic feed additives (Biosol and Zemos) on growth and related genes in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2021;21(1):62-73. doi: 10.1080/1828051X.2021.2016509.
8. Ramlucken U, Laloo R, Roets Y, et al. Advantages of *Bacillus*-based probiotics in poultry production. *Livestock Science [Internet]*. 2020 [cited 2024 Aug 27];241: Article 104215. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141320300500?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.livsci.2020.104215.
9. Feoktistova NV, Mardanov AM, Khadieva GF, et al. [Probiotics based on *Bacillus* bacteria in poultry farming]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2017;159(1):85-107. Russian.
10. Reuben RC, Sarkar SL, Roy PC, et al. Prebiotics, probiotics and postbiotics for sustainable poultry production. *World's Poultry Science Journal*. 2021;77(4):825-82. doi: 10.1080/00439339.2021.1960234.
11. Molina A. Probiotics and their mechanism of action in animal feed. *Agronomy Mesoamericana*. 2019;30(2):601-11. doi: 10.15517/am.v30i2.34432.
12. Dong S, Li L, Hao F, et al. Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. *Poultry Science [Internet]*. 2024 [cited 2024 Aug 28];103(2): Article 103287. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579123008064>. doi: 10.1016/j.psj.2023.103287.
13. Ebeid TA, Al-Homidan IH, Fathi Moataz M. Physiological and immunological benefits of probiotics and their impacts in poultry productivity. *World's Poultry Science Journal*. 2021;77(4):883-99. doi: 10.1080/00439339.2021.1960239.
14. Mohsin M, Abbas RZ, Yin G, et al. Probiotics as therapeutic, antioxidant and immunomodulatory agents against poultry coccidiosis. *World's Poultry Science Journal*. 2021;77(2):331-45. doi: 10.1080/00439339.2021.1883412.
15. Sevast'yanova TV. [Structure of the probiotics market in Russia]. *Agrarnaya nauka*. 2023;(10):50-6. doi: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-50-56.
16. Mortada M, Cosby DE, Shanmugasundaram R, et al. In vivo and in vitro assessment of commercial probiotic and organic acid feed additives in broilers challenged with *Campylobacter coli*. *Journal of Applied Poultry Research*. 2020;29(2):435-46. Russian. doi: 10.1016/j.japr.2020.02.001.
17. Khomayzei R, Adewole D. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: An overview of their delivery routes and effects on growth and health of broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*. 2021;78(1):57-81. doi: 10.1080/00439339.2022.1988804.
18. Ushakova NA, Nekrasov RV, Pravdin VG, et al. [New generation of probiotic preparations for feed use]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012;(1):184-92. Russian.
19. Tsenovik [Internet]. Moscow: Tsenovik. [Review of feed enzymes]; 2017 [cited 2023 Jun 1]; [about 8 screens]. Available from: https://www.tsenovik.ru/business/archive/182/?ELEMENT_ID=35346. Russian.
20. Adamu G, Hassim HA, Kumar P, et al. Controlling odour emissions in poultry production through dietary interventions: Prospects and challenges. *World's Poultry Science Journal [Internet]*. 2024 [cited 2024 Aug 28];80(4):1101-22. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00439339.2024.2384868>. doi: 10.1080/00439339.2024.2384868.
21. Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN, et al, authors; Fisnin VI, Egorov EA, editors. *Metodicheskoe posobie po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoi ptitsy [Methodological manual on feeding agricultural poultry]*. Sergiev Posad (Russia): Gran-Pri; 2021. 360 p. Russian.
22. Sklyar AV. *Resursosberegayushchie tekhnologii vyrashchivaniya ptits na myaso [Resource-saving technologies for growing poultry for meat] [dissertation]*. Sergiev Posad (Russia): [place unknown]; 2022. 315 p. Russian.
23. Vasil'kov AA, Smirnova AA. [Using heat exchangers to reduce energy costs while ensuring an optimal microclimate in agricultural facilities]. *Agrarnyi vestnik Nечernozem'ya*. 2022;(1):30-5. Russian.
24. Tainika B, Sekeroglu A, Akyol A, et al. Welfare issues in broiler chickens: overview. *World's Poultry Science Journal*. 2023;79(2):285-329. doi: 10.1080/00439339.2023.2175343.
25. Munir MT, Belloncle C, Irle M, et al. Wood-based litter in poultry production: A review. *World's Poultry Science Journal*. 2019;75(1):5-16. doi: 10.1017/S0043933918000909.
26. Os'kin RI, Zaitsev AV. Material podstilochnyi zoogigienicheskii [Zoohygienic bedding material]. Russian Federation patent RU 2735620. 2020 Nov 5. Russian.
27. Grzinic G, Piotrowicz-Cieslak A, Klimkowicz-Pawlas A, et al. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Science of The Total Environment [Internet]*. 2023 [cited 2024 Aug 28];858(3): Article 160014 Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722071145?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160014.
28. Hamidu JA, Osie-Adjei A, Oduro-Owusu AD. Poultry waste management-manure. In: Dikeman M, editor. *Encyclopedia of Meat Sciences*. [place unknown]: Elsevier; 2022. p. 56-71. doi: 10.1016/B978-0-323-85125-1.00136-8.
29. Drodz D, Wystalska K, Malinska K, et al. Management of poultry manure in Poland – Current state and future perspectives. *Journal of Environmental Management [Internet]*. 2020 [cited 2024 Aug 28];264: Article 110327. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720302620>. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110327.
30. Zhang L, Li L, Pan X, et al. Enhanced growth and activities of the dominant functional microbiota of chicken manure composts in the presence of maize straw. *Frontiers in Microbiology [Internet]*. 2018 [cited 2024 Aug 28];9: Article 1131. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2018.01131/full>. doi: 10.3389/fmicb.2018.01131.
31. Devendran Manogaran M, Shamsuddin R, Mohd Yusoff MH, et al. A review on treatment processes of chicken manure. *Cleaner and Circular Bioeconomy [Internet]*. 2022 [cited 2024 Aug 28];2: Article 100013. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772801322000112>. doi: 10.1016/j.clcb.2022.100013.
32. Xiaoqiang G, Lin J, Mengqin L, et al. Effect of mineral additives and ammonia-oxidizing bacteria additions on physicochemical properties, nitrogen retention and microbial dynamics during vermicomposting of chicken manure and green waste. *Environmental Technology & Innovation [Internet]*. 2024 [cited 2024 Aug 28];36: Article 103845. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186424003213?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.eti.2024.103845.
33. Akdeniz N. A systematic review of biochar use in animal waste composting. *Waste Management*. 2019;88:291-300. doi: 10.1016/j.wasman.2019.03.054.
34. Zubair M, Wang S, Zhang P, et al. Biological nutrient removal and recovery from solid and liquid livestock manure: recent advance and perspective. *Bioresource Technology [Internet]*. 2020 [cited 2024 Aug 28];301: Article 122823. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852420300924>. doi: 10.1016/j.biortech.2020.122823.
35. Ayilara MS, Olanrewaju OS, Babalola OO, et al. Waste management through composting: challenges and potentials. *Sustainability*. 2020;12(11):44-56. doi: 10.3390/su12114456.

Поступила в редакцию 06.11.2024 После доработки 25.03.2025 Принята к публикации 21.05.2025