

Технология и средства механизации

УДК 502/504:697.9:631.22

В. Ф. Сторчевой, доктор техн. наук, профессор

А. В. Федин, Р. Ю. Чернов, А. М. Зиновьев, инженеры

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный университет природообустройства»

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ ОЗОНИРОВАНИЯ И ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Рассмотрены вопросы озонирования и ионизации воздушной среды в животноводческих помещениях. Приведена элементарная схема образования аэроионов и озона посредством коронного разряда. Представлены результаты экспериментальных исследований ионизаторов-озонаторов на животноводческих объектах.

There were considered questions of ozonization and ionization of the air environment in cattle breeding premises. The elementary scheme of aeroions and ozone development by corona discharge was given. The results of experimental tests of ionizers and ozonizers at the cattle breeding buildings were submitted.

Процесс перевода животных в закрытое помещение положительно влияет на многие технологические факторы: механизацию кормораздачи, автопоение животных, уборку помещения, сбор яиц и др. Формированием оптимального микроклимата обусловлен ряд существенных проблем: ухудшение микроклимата в помещении в целом, т. е. смещение параметров воздушной среды по газовому и микробному составу в сторону ухудшения.

Разработанные методы и применяемые устройства совершенствования воз-

духообмена в закрытых помещениях (вентиляция, химические операции и т. д.) не всегда обеспечивают должного эффекта по бактериальному и газовому составу воздуха, из-за чего ущерб по отрасли достигает 15...25 %. Для совершенствования систем микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях авторы предлагают использовать ионизацию и озонирование [1, 2].

Атмосферный воздух, содержащий 78,08 % азота, 20,95 % кислорода, аргон, неон и другие инертные газы (0,93 %), углекислый (0,03 %) и прочие

газы (0,01 %), представляет определенный интерес по ионному составу. Отрицательные аэроионы образуются в результате захвата электрона нейтральным атомом или молекулой воздуха при взаимных столкновениях. Обычно это происходит в газах, у которых внешняя электронная оболочка атомов почти заполнена. Атомы с заполненной электронной оболочкой являются инертными по отношению к внешнему электрону (аргону, неону, ксенону и др.).

Анализ электронной конфигурации молекулы кислорода O_2 показывает, что возможно образование как положительного, так и отрицательного иона. В меньших количествах в воздухе содержится CO_2 , H_2O , O_3 . Молекула углекислого газа способна образовывать только положительные ионы. Молекула воды не способна образовывать устойчивые отрицательные ионы после разрыва связей $HO-H$ и $O-H$, что подтверждается экспериментальными данными. Доля остальных газов в атмосферном воздухе мала, следовательно, мала и вероятность обнаружения их ионов.

Устойчивость отрицательных ионов определяется величиной сродства нейтральных молекул исследуемого вещества к электронам, или, что то же самое, энергией, необходимой для отрыва электрона от отрицательного иона. Из всех газов, присутствующих в воздухе в более или менее значительных концентрациях, наибольшую величину сродства имеет кислород, что также указывает на наиболее вероятный химический состав легкого аэроиона. Атомы и молекулы кислорода образуют отрицательные ионы O^- и O_2^- . Наиболее вероятным является присоединение свободного электрона к молекуле O_2 , менее вероятен этот процесс для O_3 и O .

На рис. 1 приведена элементарная схема образования аэроионов. Образование аэроионов происходит в результате процесса ионизации газов, входящих в состав воздуха. Под действием внешнего фактора (ионизирующего излучения) молекуле или атому газа сообщается

энергия, необходимая для удаления одного из электронов из сферы действия ядра. Нейтральный атом становится положительно заряженным, а образовавшийся свободный электрон присоединяется к одному из нейтральных атомов и, передавая ему отрицательный заряд, образует отрицательный аэроион [1, 2].

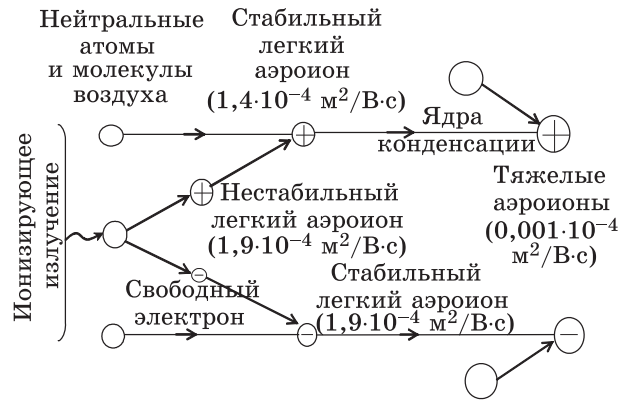


Рис. 1. Элементарная схема образования аэроионов

Такие первично образовавшиеся аэроионы существуют непродолжительное время. Под действием поляризационных сил к ним присоединяется определенное число нейтральных молекул газов. В результате образуются комплексы молекул — легкие аэроионы. Эти аэроионы, сталкиваясь с присутствующими в воздухе ядрами конденсации, оседают на них и отдают им свой заряд. В результате образуются аэроионы, имеющие более крупные размеры — вторичные аэроионы.

В качестве ионизирующего излучения могут выступать как естественные, так и искусственные факторы.

Различают несколько видов аэроионов, классификация которых в зависимости от размеров и подвижности

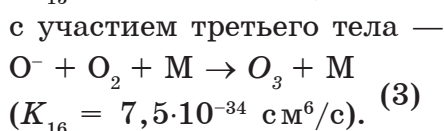
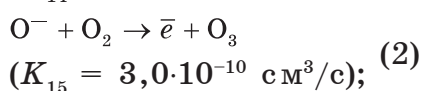
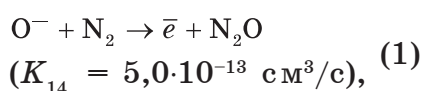
Классификация аэроионов

Тип аэроионов	Подвижность, $10^{-4} \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$	Радиус, 10^{-10} м
Первичные (легкие)	$> 1,0$	$< 6,6$
Вторичные: средние, мелкие	$1,0 \dots 0,01$	$6,6 \dots 80$
крупные	$0,01 \dots 0,001$	$80 \dots 250$
Тяжелые (ионы Ланжевена)	$0,001 \dots 0,00025$	$250 \dots 550$
Ультратяжелые	$< 0,00025$	> 550

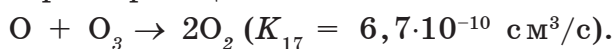
представлена в таблице. Малые количества легких отрицательных ионов могут приводить к усиленной биологической реакции. Благоприятное воздействие оказывают именно отрицательные аэроионы (униполярные).

Аэроионы могут образовываться при «стекании» с острия и проволочных электродов, обладают наибольшим возбуждением (наибольшей кинетической энергией). Значение положительных ионов нуждается в дальнейшем изучении.

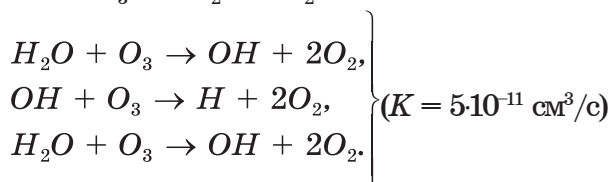
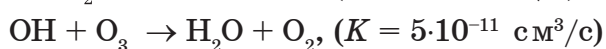
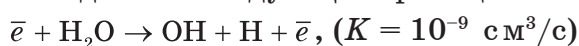
Образование озона и оксидов азота происходит из продуктов процесса диссоциативной ионизации:



Разложение озона идет по элементарной реакции:



Когда в приэлектродном пространстве создается повышенная упругость водяных паров, M (H_2O), они «начинают тормозить» реакцию образования озона. Влияние паров воды на разложение озона в процессе ионизации происходит по следующим реакциям:



При промышленном производстве озона в озонаторах с использованием коронного разряда соотношение озона и оксидов азота составляет 1:100. В ионизаторах это соотношение 1:10. Учитывая, что предельно допустимая концентрация для озона более жесткая, то, очевидно, в первую очередь необходимо подавлять генерацию озона.

Экспериментально доказано, что при наличии паров воды изменяется меха-

низм реакции и константа скорости уменьшается в два раза, а константа реакции увеличивается. В процессе реакции с интенсивной генерацией легких ионов O_2^- уменьшается образование вредных оксидов азота и озона. В работах многих авторов по вопросам численного моделирования коронного разряда в однородном поле доказано, что при разряде во влажном воздухе концентрация легких ионов O_2^- увеличивается, а концентрация озона снижается на порядок по сравнению с разрядом в осушенном воздухе.

Концентрация легких аэроионов обеих полярностей зависит от степени урбанизации местности, где проживает человек, и напрямую связана с экологическими проблемами заселенных территорий. На рис. 2 показана концентрация легких аэроионов в воздухе различных географических пунктов. Из рисунка видно, что в сельских районах концентрация аэроионов находится в пределах полезной для человека нормы, на курортах и в горной местности концентрация аэроионов несколько выше нормы. В крупных промышленных центрах концентрация аэроионов ниже нормы и может приближаться к нулю.

Чистый воздух вне зданий из-за наличия естественной радиоактивности содержит до 1 тыс. аэроионов в 1 см^3 . Воздух на улицах крупных городов обеднен отрицательными ионами, здесь их меньше 300 1/см^3 . В помещениях устанавливается устойчивый минимум около $20 \dots 50 \text{ 1/см}^3$, что можно объяснить рядом причин. Металлические и пластмассовые изделия удаляют из воздуха отрицательно заряженные ионы. Большое количество мелких частиц, например сигаретный дым, может удалить легкие ионы, предоставляя им поверхность для конденсации. Табачный дым сильно ухудшает аэроионный режим помещения, сокращая количество легких аэроионов (в том числе и по этой причине курение вредно для самих курильщиков и для окружающих). В помещении площадью около 40 м^2 при слабой вентиляции происходит уменьшение концен-

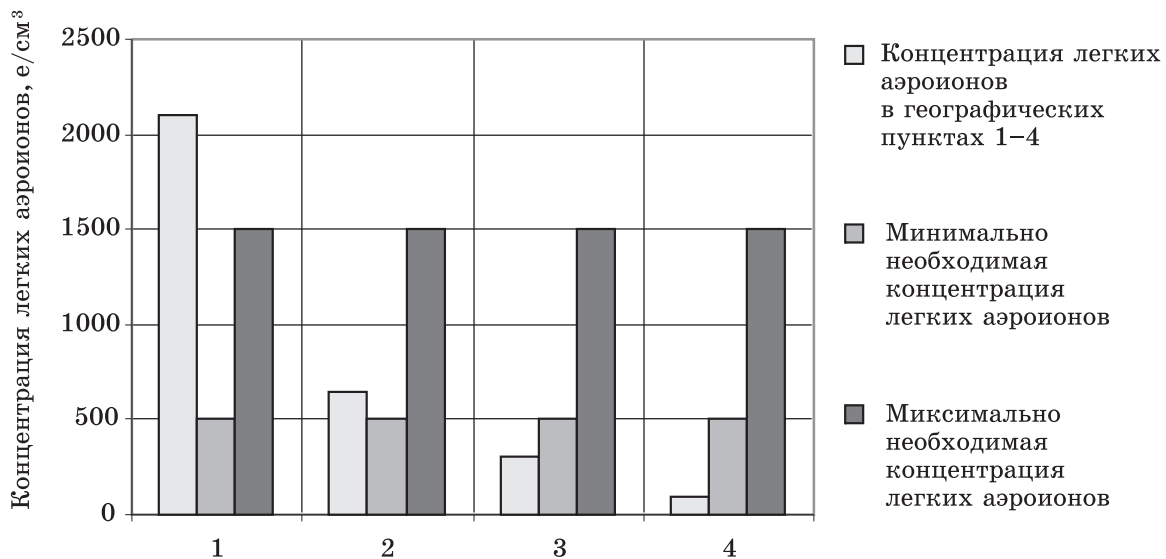


Рис. 2. Зависимость концентрации легких аэроионов от степени урбанизации местности: 1 — горный воздух и воздух на ряде курортов; 2 — воздух сельских районов; 3 — воздух на улицах больших городов; 4 — воздух некоторых крупных городов

трации легких аэроионов. Так, при двух выкуренных сигаретах концентрация легких аэроионов в воздухе помещения снижается в два раза. Если в помещении находится много людей, то в воздухе появляется большое количество положительных тяжелых ионов (псевдоаэроионов); в одном выдохе может содержаться 300 тыс. 1/см³ тяжелых аэроионов.

Авторами разработаны, изготовлены, апробированы и внедрены в производство локальные, подвесные и проточные ионизаторы-озонаторы, на которые получены патенты Российской Федерации [3, 4].

Отличительные особенности ионизаторов-озонаторов следующие.

Локальный ионизатор-озонатор размещается непосредственно в области дыхания птицы при клеточном содержании, генерирует регулируемую воздушную ионно-озонную смесь в пределах предельно допустимой концентрации по озону и отрицательным ионам с помощью коронной и барьерной разрядных систем.

Проточный ионизатор-озонатор — малогабаритный, энергосберегающий прибор, позволяющий получать на выходе однократную и регулируемую концентрацию ионов и озона.

Сравнительные испытания данных систем и устройств с существующими аналогами показали следующее:

Локальный ионизатор-озонатор. Удельные энергозатраты на синтез озона (в расчете на 1000 гол.) — 4,1 (кВт·ч)/г; удельный расход электроэнергии на выработку дополнительной продукции — 0,84 кВт·ч на 1 000 гол. кур-несушек. Концентрация 0,1 мг/м³ по озону и 480 пКл/м³ по отрицательным ионам позволяет: улучшить параметры микроклимата по газовой загрязненности в 6...10 раз, по микробной — в 100 раз; повысить продуктивные качества кур (яйценоскость — на 6...9 %, сохранность — на 2,5 %); снизить расход корма на 6...8 %.

Проточный ионизатор-озонатор. Продолжительность обработки составляет 20...40 мин при концентрации 4...5 мг/м³ по озону и 400...500 пКл/м³ по отрицательным ионам; удельные энергозатраты на синтез озона (инкубаторий — 6 м³) — 2,2 (кВт·ч)/г; удельный расход электроэнергии на выработку дополнительной продукции — 0,0004 кВт·ч на 1 000 яиц.

Существующие ионизаторы-озонаторы. Длительность экспозиции обработки яиц — от нескольких дней до 20 сут при концентрации до 1000 мг/м³ (небезопасно для обслуживающего персонала), удельный расход электроэнергии (при мощности 0,6 кВт) — от 0,2 до 0,3 кВт·ч на 1000 яиц.

В птичнике учебно-опытного хозяйства МСХА (куры яичного кросса «Беларусь-9», гибрид 15-9 (4, 5, 6), перепела) был исследован локальный ионизатор-озонатор; в телятнике и свиноматнике МТФ «Никольское» учхоза Михайловское — подвесной ионизатор-озонатор; в виварии Московской государственной академии ветеринарной медицинской биотехнологии имени К. И. Скрябина, на птицефабрике АО «Луч» Воскресенского района, на Назарьевской птицефабрике Московской области (яйца мясной птицы кросс «Гибро-6» и цыплята кросса «Бройлер-6») — проточный ионизатор-озонатор.

Выводы

Использование разработанной научной продукции (локального и проточного ионизаторов-озонаторов) в птицеводческих хозяйствах обеспечивает:

годовой экономический эффект 40 000 р. (на 1000 кур-несушек, цены лета 2007 г.) благодаря применению локального ионизатора-озонатора и годовой экономический эффект 5 000 р. (на 1000 яиц при каждой закладке в инкубатор, цены лета 2007 г.) за счет использования проточного ионизатора-озонатора;

сокращение удельного расхода электроэнергии на выработку дополнительной продукции — локальный ионизатор-озонатор снижает расход электроэнергии в расчете на 1000 голов более чем в 12 раз, в расчете на 1000 яиц — более чем в 30 раз; проточный ионизатор-озонатор снижает расход электроэнергии в расчете на 1000 голов в 2 раза, в расчете на 1000 яиц — в 500 раз.

Ключевые слова: ионизация, озонирование, отрицательные ионы, образование аэроионов, легкие аэроионы, ионизаторы-озонаторы.

Список литературы

1. **Сторчевой, В. Ф.** Нанотехнология озонирования и ионизации воздушной среды в птицеводстве [Текст] / В. Ф. Сторчевой // Наноэлектротехнологии в сельском хозяйстве : материалы научно-технического семинара. — М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. — С. 54–61.

2. **Сторчевой, В. Ф.** Схемотехническое моделирование переходных процессов ионизатора-озонатора воздуха при проведении профилактических мероприятий в животноводстве [Текст] / В. Ф. Сторчевой, А. В. Федин // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы Международной научно-практической конференции. — М. : МГУП, 2006. — Ч. 2. — С. 274–277.

3. **Сторчевой, В. Ф.** Исследование основных характеристик проточного ионизатора-озонатора воздуха используемого на свиноводческих фермах [Текст] / В. Ф. Сторчевой, Р. Ю. Чернов // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы Международной научно-практической конференции. — М. : МГУП, 2006. — Ч. 2. — С. 279–282.

4. **Сторчевой, В. Ф.** Система ионизации и озонирования воздушной среды в коровниках, родильных помещениях для выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота [Текст] / В. Ф. Сторчевой, А. М. Зиновьев // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы Международной научно-практической конференции. — М. : МГУП, 2006. — Ч. 2. — С. 277–279.