

УДК 619:636.52/.58:614.48

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61

Л.Д. Тимченко¹
 С.И. Писков¹
 М.Ш. Шахбанов¹
 И.В. Ржепаковский¹
 М.Н. Сизоненко¹
 С.С. Аванесян¹
 А.А. Нагдалян¹ ✉
 М.Б. Ребезов^{2,3}

¹Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ anagdalian@ncfu.ru

Поступила в редакцию: 10.08.2024
 Одобрена после рецензирования: 16.09.2024
 Принята к публикации: 30.09.2024

© Тимченко Л.Д., Писков С.И., Шахбанов М.Ш., Ржепаковский И.В., Сизоненко М.Н., Аванесян С.С., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61

Lyudmila D. Timchenko¹
 Sergey I. Piskov¹
 Magomed Sh. Shakhbanov¹
 Igor V. Rzhepakovsky¹
 Marina N. Sizonenko¹
 Svetlana S. Avanesyan¹
 Andrey A. Nagdalian¹ ✉
 Maksim B. Rebezov^{2,3}

¹North-Caucasus Federal university, Stavropol, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ anagdalian@ncfu.ru

Received by the editorial office: 10.08.2024
 Accepted in revised: 16.09.2024
 Accepted for publication: 30.09.2024

© Timchenko L.D., Piskov S.I., Shakhbanov M.Sh., Rzhepakovsky I.V., Sizonenko M.N., Avanesyan S.S., Nagdalian A.A., Rebezov M.B.

Эффективная технология дезинфицирующего озонирования инкубационных куриных яиц

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Положительные стороны дезинфицирующего озонирования инкубационных яиц позволяют рассчитывать на успешное применение метода не только в крупных, но и маломасштабных хозяйствах, а также в экспериментальных и производственных целях в лабораториях и на биопредприятиях, связанных с технологическим процессом, основанным на инкубации небольшого количества яиц. Это обуславливает важность расширения спектра озонаторов за счет многочисленных портативных устройств. Для этих приборов нет четких рекомендаций и это вызывает необходимость поиска наиболее эффективных и безвредных для эмбриона режимов, и схем дезинфицирующего озонирования.

Методы. Использовались оплодотворенные куриные яйца «Хайсекс Браун» и портативный озонатор «ОЗОН-ОВИВ». Концентрация озона 2,0 мг/л. Обработку яиц проводили в специально изготовленной камере.

Технология-1: двукратно по 30 минут до инкубации и на 3-и сутки инкубации. Технология-2: трехкратно по 30 минут до инкубации, на 3-и и 5-е сутки.

Спектр проводимых исследований включал: оценку общей микробной обсемененности (денситометрии); идентификацию микроорганизмов (MALDI-TOF-спектрометрия); биологический контроль инкубации (фертильность, выводимость, смертность, аномалии развития); оценку полноценности закладки внутренних органов (микроКТ); морфометрию эмбрионов (масса, длина, обхват груди) и расчет индексов пропорциональности развития; гистологическую оценку печени.

Результаты. Суммарная концентрация озона при обработке двумя способами составила, соответственно, 240 мг/л и 360 мг/л. Доказана дезинфицирующая эффективность озонирования, обеспечивающая снижение уровня общей микробной обсемененности при двукратной и трехкратной обработке на 30% и 40%. Выявлена тенденция сохранения низкой (по сравнению с интактными яйцами) общей микробной обсемененности вплоть до 14 суток инкубации. Динамика микробного пейзажа свидетельствует о бактериостатическом действии озона в использованных концентрациях на широкий спектр микроорганизмов. Микротомографическим и гистологическим методами подтверждена безвредность примененных технологий. Наряду с более выраженным антибактериальным действием технологии-2 выявлено наличие стимулирующего влияния на организм развивающегося эмбриона, что обуславливает предпочтительность ее выбора.

Ключевые слова: дезинфекция инкубационных яиц, озонирование, микроорганизмы, токсичность, куриный эмбрион

Для цитирования: Тимченко Л.Д. и др. Эффективная технология дезинфицирующего озонирования инкубационных куриных яиц. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 51–61.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61>

Effective technology of disinfecting ozonation of hatching chicken eggs

ABSTRACT

Relevance. The positive aspects of disinfecting ozonation of hatching eggs allow us to expect successful application of the method not only in large but also in small-scale farms, as well as for experimental and industrial purposes in laboratories and bio-enterprises related to the technological process based on the incubation of a small number of eggs. This determines the importance of expanding the range of ozonizers due to numerous portable devices. There are no clear recommendations for these devices and this causes the need to search for the most effective and harmless modes for the embryo, and schemes of disinfecting ozonation.

Methods. The study used fertilized chicken eggs “Hysex Brown” and a portable ozonizer “OZON-OviV”. Ozone concentration 2.0 mg / l. Eggs were treated in a specially made chamber.

Technology-1: twice for 30 minutes before incubation and on the 3rd day of incubation. Technology-2: three times for 30 minutes before incubation, on days 3 and 5.

The range of studies included: assessment of total microbial contamination (densitometry); identification of microorganisms (MALDI-TOF-spectrometry); biological control of incubation (fertility, hatchability, mortality, developmental abnormalities); assessment of the adequacy of the internal organs (MicroCT); embryo morphometry (weight, length, chest circumference) and calculation of development proportionality indices; histological assessment of the liver.

Results. The total ozone concentration during treatment by two methods was 240 mg/l and 360 mg/l, respectively. The disinfecting efficiency of ozonation has been proven, providing a decrease in the level of total microbial contamination by 30% and 40% with double and triple treatment. A tendency to maintain a low total microbial contamination, compared to intact eggs, up to 14 days of incubation has been revealed. The dynamics of the microbial landscape indicate the bacteriostatic effect of ozone in the concentrations used on a wide range of microorganisms. Microtomographic and histological methods confirmed the harmlessness of the technologies used. Along with the more pronounced antibacterial effect of technology-2, the presence of a stimulating effect on the body of the developing embryo was revealed, which determines the preference for its choice.

Key words: disinfection of hatching eggs, ozonation, microorganisms, toxicity, chicken embryo

For citation: Timchenko L.D. *et al.* Effective technology for disinfectant ozonation of hatching chicken eggs. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 51–61 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61>

Введение/Introduction

Современное сельское хозяйство, научная и практическая биология и биотехнология неразрывно связаны с процессом инкубации куриных яиц, направленным на получение здорового поголовья птицы, необходимым для хозяйственных целей, а также самых различных компонентов яйца, используемых в экспериментальных целях и биотехнологическом цикле, к числу которых наиболее часто относят эмбрион [1–4].

При этом в обоих случаях определяющую роль играют выживаемость и качество эмбриона, в том числе его морфофункциональная полноценность, интенсивность прироста ростовых показателей и массы тела или отдельных органов, имеющих на разных этапах развития определенную биологическую и биотехнологическую ценность [5].

В связи с этим важнейшими требованиями к инкубации являются обеспечение микробиологической чистоты при минимальном побочном эффекте дезинфекционных мероприятий и (при необходимости) создание условий для целевой оптимизации процесса развития, что чаще всего соотносится со стимулирующим эффектом.

Очевидно, что если сочетание всех перечисленных качеств присуще конкретному дезинфектанту, то он может быть неоспоримой альтернативой многим другим средствам обеззараживания инкубационных яиц.

При выборе наиболее эффективного дезинфицирующего средства и рациональных способов его применения на первое место ставится его антимикробная активность по отношению к широкому перечню микроорганизмов, циркулирующих в птицеводческих хозяйствах, подавляющая часть из которых обладает патогенностью и вариабильной вирулентностью [6–8].

Имеется мнение, что инкубационное яйцо является одним из наиболее высоко контаминированных хозяйственных объектов птицеводства, что сопряжено как с общей эпизоотической обстановкой, так и с условиями ведения хозяйства [9].

При этом микробная обсемененность — главная причина снижения выводимости и продуктивности, появления пороков развития молодняка и повышения уровня его заболеваемости [10, 11].

Следствием этого является не только снижение воспроизводительного потенциала птицы, но и проблематичность использования любых компонентов инкубационного яйца в исследовательских и биотехнологических целях.

Вышеизложенное диктует необходимость выбора оптимальных путей и средств воздействия на инкубационное яйцо, обеспечивающих при минимальных затратах труда и времени достаточную дезинфицирующую эффективность, высокую выживаемость, а также не только отсутствие отрицательного влияния на эмбрион, но и (по возможности) наличие положительного воздействия на его развитие [12–14].

На сегодня существует большое количество методов, способов, средств дезинфекции, отличающихся друг от друга стоимостью, сложностью выполнения и эффективностью [15–18]. При этом далеко не все дезинфектанты можно считать универсальными по отношению как к качественному спектру микроорганизмов, обсеменяющих инкубационные яйца, так и в плане особенностей влияния на эмбрион [19, 20].

Всё больше исследователей и практиков к числу наиболее перспективных и отвечающих вышеперечисленным требованиям относят метод озонирования, по отношению к которому не только неоспоримо высока

дозозависимая обеззараживающая эффективность, но и безвредность [21, 22]. Имеются отдельные сообщения о стимулирующем влиянии озона в определенных концентрациях на эмбриональное развитие [23].

Дезинфицирующее озонирование давно и успешно применяется в промышленном птицеводстве. Озонирование считается эффективным, экологически чистым, безвредным, нетрудоемким, что обеспечило ему популярность. Для его выполнения в птицеводческих хозяйствах используются различные промышленные дорогостоящие озонирующие установки с отработанными режимами, обеспечивающими рабочие концентрации озона [24, 25].

Однако совершенно очевидно, что положительные стороны озонирования инкубационных яиц позволяют рассчитывать на успешное применение метода не только на крупных, но и в маломасштабных хозяйствах, в экспериментальных и производственных целях в лабораториях и на биопредприятиях, связанных с технологическим процессом, основанным на инкубации небольшого количества яиц [26, 27].

Вышеизложенное ставит на повестку дня необходимость расширения спектра озонаторов для обработки инкубационных яиц за счет многочисленных портативных устройств, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями [28, 29]. Такие озонаторы, как правило, предназначены для озонирования воды, воздуха помещений и использования в терапевтических целях, но это, конечно, не исключает возможности применения их для озонирования инкубационных яиц в небольших инкубаторах и ограниченных емкостях [30, 31]. Однако для этих приборов нет четких рекомендаций по методике применения с целью обработки инкубационных яиц. Это вызывает необходимость экспериментального поиска наиболее эффективных в соответствии с вышеуказанными требованиями режимов и схем дезинфицирующего озонирования, возможных для воспроизведения на конкретных озонаторах [32–34].

Вышеизложенное определило актуальность и научный интерес к работе, цели которой — применение портативного озонатора для дезинфекции инкубационных яиц кур, установление оптимальных концентраций озона и кратности обработки, обеспечивающих не только достаточное бактерицидное действие, но и оптимальные параметры развития эмбриона.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось на базе межкафедральной научно-образовательной лаборатории экспериментальной иммуноморфологии, иммунопатологии и иммунобиотехнологии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь, Россия).

Использовались оплодотворенные куриные яйца Хайсекс Браун (средняя масса $52,83 \pm 3,47$ г), приобретенные в ООО «Агрокормсервис плюс» (станция Гиангинская, Республика Адыгея, Россия). Инкубировались яйца в цифровом инкубаторе Rcom Maru Deluxe Max 380 (AUTOELEX CO., LTD, Корея) при температуре $37,5\text{--}37,8$ °C, относительной влажности $45\text{--}50\%$, повороте лотков с периодичностью 1 час.

В качестве генератора озона использовался портативный озонатор «ОЗОН-ОВИВ» (г. Харьков, Украина) в соответствии с рекомендуемыми техническими параметрами, предназначенными для обеззараживания воздуха. Концентрация озона, вырабатываемая

прибором, — 2,0 мг/л. Обработку яиц озоном проводили в специально изготовленной камере при температуре 22 ± 2 °C и относительной влажности 75%.

Яйца контрольной группы оставались интактными.

Оптимальную технологию дезинфекции инкубационных яиц, включающую режим индукции озона источником и схему озонирования, представленную кратностью и сроками обработки, определяли эмпирическим путем, опираясь на результат микробиологического эксперимента.

Оценку интенсивности микробной загрязненности осуществляли путем смывов с инкубационных яиц методом полного погружения их в физраствор с дальнейшим помещением в термостат при 37 °C на 1 час и последующим определением общей микробной обсемененности в смывной жидкости с помощью денситометра Vitek Densichek (BioMerieux, Франция).

Результаты учитывали по плотности, выражаемой в единицах McF (Мак) с дальнейшим пересчетом на концентрацию бактерий в КОЕ/мл.

Для идентификации микроорганизмов делали круговой мазок с поверхности яйца влажной палочкой с погружением ее в пробирку с МПБ и помещением в термостат при 37 °C на 24 часа. После культивирования с помощью стерильного тампон-зонда полимерного с хлопковым наконечником культуральную жидкость переносили на трехсекционные чашки Петри с плотными питательными средами: агар Чистовича, агар Хоттингера, кровяной агар. По окончании культивирования в термостате в течение 24 часов предварительно проводили визуальную оценку характера колоний, из которых с помощью микробиологической петли БАК-материал переносили на 16-луночный планшет для исследования с помощью MALDI-TOF спектрометрии с целью идентификации микроорганизмов [35]. Использовался масс-спектрометр Vitek MS (BioMerieux, Франция).

Биологический контроль инкубации яиц проводился путем ежедневного просвечивания яиц с помощью овоскопа ПКЯ-10 («Ветзоотехника», Россия). Морфометрию эмбрионов проводили для всех этапов эмбриогенеза (зародышевый период, предплодный, плодный, период вылупления). Яйца, соответственно, вскрывались на 7-е, 12-е, 16-е и 19-е сутки инкубации.

Массу, линейные размеры и обхват груди эмбриона определяли в соответствии с классическими рекомендациями [36]. Использовали прецизионные весы ML203E (Mettler Toledo, США), штангенциркуль с цифровой индикацией ШЦЦ-II-250-0,01-60 («Калибр», Россия).

На основании морфометрических параметров рассчитывали индексы Кетле I, Ливи, Эрисмана, позволяющие оценивать пропорциональность развития эмбриона [37].

Регистрацию возможных пороков развития проводили согласно оценочной карте [38].

Исследование одобрено этическим комитетом Северо-Кавказского федерального университета (протокол от 3 августа 2023 года № 003). Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве

Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых для научных целей¹, и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ².

Согласно рекомендациям по гуманной эвтаназии [39], умерщвление 7-суточных эмбрионов проводили охлаждением (4 °C, 4 часа). Эвтаназию эмбрионов на 12-е, 16-е и 19-е сутки развития осуществляли в газовой камере (CO₂ 70%, 30 минут).

Оценку полноценности закладки внутренних органов проводили на 7-е сутки инкубации методом рентгеновской микротомографии (микроКТ). При этом под полноценностью понимали наличие всех органов, которые характерны для данного периода эмбриогенеза, и соответствие их топографии и размерам интактного контроля. Извлеченные зародыши фиксировали в 10%-ном растворе формалина с последующим обезвоживанием в сменных порциях этанола (30%, 50%, 70%) и контрастированием 1%-ным раствором фосфорно-вольфрамовой кислоты (40 °C, 24 часа) [40].

МикроКТ эмбрионов выполняли с использованием компьютерного рентгеновского микротомографа Skyscan 1176 (Bruker, Бельгия). Протокол сканирования включал: поворот камеры 180°; шаг 0,3°; рентгеновское напряжение 65 кВ; ток 380 мкА; фильтр — алюминий, 1 мм; размер пикселя изображения 8,87 мкм; усреднение изображения — 3. Сканы микроКТ были обработаны и реконструированы в наборы 3D-данных с использованием программы NRecon (версия 1.7.4.2, Bruker, Бельгия). Постобработка, выравнивание и ориентация в пространстве (x, y, z), проводились в программе DataViewer (1.5.6.2, Bruker, Бельгия).

Визуализация 3D-изображений выполнялась с использованием программного обеспечения (3.3.0r1403, Bruker, Бельгия) [41].

Гистопатологический анализ печени проводили у 16-суточных эмбрионов. Образцы печени фиксировали в 10%-ном забуференном растворе формалина на протяжении 72 часов с последующим обезвоживанием в изопропиловом спирте и заключением в медицинский парафин HistoMixer (Biovitrum, г. Санкт-Петербург, Россия). Гистологические срезы толщиной 5 мкм производили на ротационном микротоме HM 325 (Thermo Fisher Scientific, Уолтем, США). Готовые срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Оценку гистологических микропрепаратов проводили с использованием микроскопа исследовательского класса Axio Imager 2 (A2) (Carl Zeiss Microscopy, Oberkochen, Германия) при различных увеличениях с фиксацией изображений.

Средства измерения поверены, измерительное оборудование аттестовано.

Статистическую обработку количественных данных проводили с использованием программного пакета Biostat (Version 4.03)³. Для проверки выборок на нормальность распределения использовали критерий Шапиро — Уилка. Для выявления статистических различий данных применяли критерий Стьюдента. Количественные данные представляли в виде $M \pm Sd$ (M — среднее значение, Sd — стандартное отклонение). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

¹ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

² Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

³ <https://www.analystsoft.com/ru/products/biostat/>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Стартовый этап исследования связан с выбором технологии озонирования, обеспечивающий суммарную концентрацию озона за весь период обработки. Важнейшие компоненты технологии — режим и схема озонирования. При этом под режимом понимались выбранные технические параметры и время озонирования, которые обеспечивали концентрацию озона за один цикл обработки.

В качестве схемы озонирования рассматривали кратность циклов обработки и сутки инкубации.

Учитывая, что в работе использовали бытовой портативный озонатор, предназначенный для воды и воздуха, в инструкции к которому не оговорена возможность использования его для обработки инкубационных яиц, а также достаточно широкий диапазон его режимов озонирования, выбор оптимального, на взгляд авторов, базового режима озонирования осуществили на основе аналитических умозаключений с учетом высокой степени загрязненности инкубационных яиц и опытом ранее проведенных исследований [37]. Были выбраны: максимальная мощность — 100, поток озono-кислородной смеси — 2 л/мин, время озонирования — 30 мин.

Выбранный режим использовали в двух технологических подходах в сочетании со схемами обработки, структура которых представлена в таблице 1.

Результаты влияния озонирования на микробную обсемененность куриных яиц представлены в таблице 2.

Из представленных данных видно, что яйца до инкубации достаточно высоко обсеменены микроорганизмами, это подтверждает целесообразность дезинфекционной обработки.

Анализ эффективности озонирования на 4-е сутки инкубации при 2-кратном озонировании (технология-1), на 6-е сутки при 3-кратном озонировании (технология-2) по сравнению с соответствующими сутками для необработанных яиц (контроль) показал статистически значимое снижение уровня обсемененности, наиболее выраженное при обработке по технологии-2.

Исследование, проведенное на 14-е сутки инкубации при обеих технологиях, свидетельствует об общей тенденции прироста уровня микробной обсемененности у озонированных яиц по сравнению с 4-ми, 6-ми сутками развития. В эти сроки инкубации показатели обсемененности остаются значительно ниже, чем в контроле, при этом минимальные показатели отмечены при использовании технологии-2.

Интересными представились данные по идентификации микроорганизмов в динамике инкубации яиц и применения технологий озонирования (табл. 3).

До инкубации и в контрольной группе яиц, которая не подвергалась озонированию, выделен наиболее широкий спектр микроорганизмов, количество которых

Таблица 1. Технология озонирования с помощью портативного озонатора «ОЗОН-ОВиВ»

Table 1. Ozonation technology using the portable ozonizer “OZON-OViV”

Схема обработки		Режим				Расчетный объем озono-кислородной смеси (л) концентраций (мг/л)		
Кратность	Дни инкубации	Время, мин.	Производительность (мощность), %	Поток, л/мин	Обеспечиваемая концентрация, мг/л	за 1 цикл обработки	за 2 цикла обработки	за 3 цикла обработки
Двукратная	До инкубации	30	100	2	2	120	240	-
	3-и сутки	30	100	2	2			
Трехкратная	До инкубации	30	100	2	2	120	240	360
	3-и сутки	30	100	2	2			
	5-е сутки	30	100	2	2			

Таблица 2. Общая обсемененность инкубационных яиц в динамике инкубации при дезинфицирующем озонировании (КОЕ/мл, M ± Sd)

Table 2. Total contamination of hatching eggs in the dynamics of incubation with disinfecting ozonation (CFU/ml, M ± Sd)

Группы	Сутки инкубации				
	до инкубации	4-е	6-е	9-е	14-е
Контроль (n = 20)	6,4×10 ⁶ ± 0,8 ^a	6,0×10 ⁶ ± 0,75 ^a	6,3×10 ⁶ ± 0,79 ^a	7,0×10 ⁶ ± 0,88 ^b	7,8×10 ⁶ ± 0,98 ^a
Технология-1 (n = 20)		1,8×10 ⁶ ± 0,23 ^c	не изучалось	1,4×10 ⁶ ± 0,18 ^d	2,9×10 ⁶ ± 0,36 ^e
Технология-2 (n = 20)		не изучалось	1,9×10 ⁶ ± 0,24 ^c	1,3×10 ⁶ ± 0,16 ^d	2,5×10 ⁶ ± 0,31 ^f

Примечание: разные буквенные индексы указывают на статистически значимые различия между значениями (p < 0,05).

Таблица 3. Спектр выделенных микроорганизмов в процессе дезинфицирующего озонирования

Table 3. Spectrum of isolated microorganisms in the process of disinfecting ozonation

Группы	Сутки инкубации				
	до инкубации	4-е	6-е	9-е	14-е
Контроль (n = 20)	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>
Технология-1 (n = 20)		1. <i>E. coli</i> 2. <i>B. megaterium</i> 3. <i>B. cereus</i> 4. <i>S. sciuri</i> 5. <i>L. fusiformis</i> 6. <i>B. licheniformis</i>	не изучалось	1. <i>E. coli</i> 2. <i>B. megaterium</i> 3. <i>B. cereus</i> 4. <i>S. sciuri</i> 5. <i>L. fusiformis</i> 6. <i>B. licheniformis</i> 7. <i>S. aureus</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>B. megaterium</i> 3. <i>B. cereus</i> 4. <i>S. sciuri</i> 5. <i>L. fusiformis</i> 6. <i>B. licheniformis</i> 7. <i>S. aureus</i>
Технология-2 (n = 20)		не изучалось	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. aureus</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>S. aureus</i>

имело некоторую тенденцию к росту, а видовой состав расширился.

Динамика качества и количества микроорганизмов в опытных группах при использовании обеих технологий озонирования свидетельствует о бактериостатическом и не исключает бактерицидный эффект озона на отдельные виды микроорганизмов.

Несмотря на возобновление роста или первичное выделение некоторых видов микробов к концу эксперимента, наиболее выраженная антимикробная эффективность отмечалась при использовании технологии-2, что сопоставимо с данными по общей обсемененности.

Таким образом, по итогам анализа полученных результатов установлено, что обе схемы озонирования проявили дезинфицирующую эффективность по сравнению с контролем. При этом технология-2 озонирования характеризуется наилучшими показателями.

Проведенный микробиологический контроль дезинфицирующей эффективности озонирования по разработанным технологиям определяет потенциальный интерес к более углубленному изучению особенностей эмбрионального развития, поскольку, по ряду сведений [42, 43], озонирование имеет дозозависимый эффект влияния на эмбриогенез и не исключает стимулирующего влияния озона в выбранной концентрации.

Данное предположение послужило основанием для изучения ряда показателей биологического контроля инкубации и морфологических показателей развития.

Несмотря на задокументированные эффекты озона на метаболизм и морфогенез эмбриона, до сих пор широко не раскрыты и потенциально имеют важное значение. Исследования в этом отношении посвящены другим дозам, другим птицам и способам озонирования [22].

Анализ полученных результатов (табл. 4) свидетельствует, что применяемое дезинфицирующее озонирование положительно повлияло на результаты инкубации.

Процент смертности, выводимости и встречаемость дефектов развития эмбрионов контрольной выборки не выбивались из диапазона нормы и соответствовали данным других исследователей, работающих с кроссом Хайсекс Браун [44].

Таблица 4. Показатели биологического контроля инкубации

Table 4. Biological control indicators of incubation

Группы	Фертильность, %	Выводимость, %	Смертность, % от фертильных яиц			Аномалии развития, %
			ранняя (1–7 дней)	средняя (8–14 дней)	поздняя (15–21 день)	
К (n = 50)	96,0	84,0	8,3	4,1	4,1	4,0
O-1 (n = 60)	96,7	88,3	5,2	3,4	1,7	3,3
O-2 (n = 60)	95,0	91,7	3,5	1,8	–	–

Примечание: К — контрольная выборка, неозонированные; O-1 — озонированные по технологии-1; O-2 — озонированные по технологии-2.

По уровню выводимости, выживаемости группы O-1 и O-2 превосходят контрольную выборку, при этом лучшие показатели зафиксированы в группе O-2, обработанной по технологии-2. Это логично согласуется с приведенными выше результатами по дезинфицирующему эффекту озонирования по схеме 2. Есть данные, подтверждающие зависимость частоты смертности эмбрионов, особенно ранней, с инфицированием [45].

Число случаев дефектов развития эмбрионов между группами заметно не отличалось, что подтверждает отсутствие факторного тератогенного влияния озонирования в выбранных схемах и дозировании.

Результаты морфометрической оценки эмбрионов представлены в таблицах 5, 6.

Динамика линейных и весовых размеров тела куриных эмбрионов в группе O-1 не претерпела статистически значимых изменений по сравнению с контролем. Группа O-2 характеризовалась большими величинами массы, длины и обхвата грудной клетки на 12-е, 16-е, 19-е сутки инкубации. При этом величины расчетных индексов Кетле, Ливи и Эрисмана, как в группе O-1, так и в группе O-2, не выходят за пределы значений контрольной выборки, что отражает пропорциональность физического развития.

При изучении возможных эмбриотоксичности и тератогенности при факторном воздействии особое внимание привлекает зародышевый период эмбриогенеза (1–7-е сутки). В названный критический этап развития органы претерпевают сложный морфогенетический процесс, который представляет собой координацию многих событий, где небольшие отклонения могут

Таблица 5. Влияние озонирования на морфометрические показатели развития куриного эмбриона

Table 5. The effect of ozonation on the morphometric parameters of chicken embryo development

Сутки инкубации	Масса тела, г			Длина тела, см			Обхват груди, см		
	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)
7	0,55 ± 0,06 ^a	0,56 ± 0,07 ^a	0,60 ± 0,08 ^b	2,24 ± 0,28 ^a	2,19 ± 0,26	2,30 ± 0,32 ^b	2,2 ± 0,28 ^a	2,3 ± 0,31 ^a	2,2 ± 0,34 ^a
12	4,42 ± 0,55 ^a	4,39 ± 0,47 ^a	5,21 ± 0,65 ^b	4,59 ± 0,57 ^a	4,44 ± 0,63 ^a	4,93 ± 0,59 ^b	3,8 ± 0,48 ^a	3,9 ± 0,42 ^a	4,1 ± 0,43 ^b
16	14,81 ± 1,85 ^a	15,03 ± 2,108 ^a	16,14 ± 1,96 ^b	7,31 ± 0,91 ^a	7,36 ± 1,02 ^a	7,53 ± 0,94 ^b	5,0 ± 0,63 ^a	5,1 ± 0,72 ^a	5,5 ± 0,81 ^b
19	27,49 ± 3,43 ^a	26,94 ± 2,764 ^a	29,34 ± 3,52 ^b	8,15 ± 1,02 ^a	7,97 ± 0,98 ^a	8,74 ± 1,05 ^b	6,6 ± 0,63 ^a	6,6 ± 0,91	6,8 ± 0,79 ^b

Примечание: разные буквенные индексы в строке указывают на статистически значимые различия между средними значениями (p < 0,05) для каждого параметра. К — контрольная выборка, неозонированные; O-1 — озонированные по технологии-1; O-2 — озонированные по технологии-2.

Таблица 6. Показатели индексов физического развития куриного эмбриона

Table 6. Indicators of physical development indices of chicken embryos

Сутки инкубации (n = 30)	Индекс Кетле			Индекс Ливи			Индекс Эрисмана		
	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)
7	0,24 ± 0,03 ^a	0,23 ± 0,02 ^a	0,23 ± 0,03 ^a	0,038 ± 0,011 ^a	0,041 ± 0,005 ^a	0,039 ± 0,006 ^a	1,006 ± 0,126 ^a	1,012 ± 0,130 ^a	1,014 ± 0,124 ^a
12	0,95 ± 0,12 ^b	0,94 ± 0,12 ^b	0,96 ± 0,10 ^b	0,074 ± 0,011 ^b	0,069 ± 0,009 ^b	0,071 ± 0,010 ^b	1,603 ± 0,20 ^b	1,594 ± 0,190 ^b	1,611 ± 0,22 ^b
16	2,06 ± 0,26 ^c	1,98 ± 0,2 ^c	2,04 ± 0,25 ^c	0,129 ± 0,016 ^c	0,131 ± 0,020 ^c	0,127 ± 0,018 ^c	1,512 ± 0,189 ^b	1,498 ± 0,179 ^b	1,519 ± 0,16 ^b
19	3,38 ± 0,42 ^d	3,39 ± 0,4 ^d	3,41 ± 0,46 ^d	0,159 ± 0,019 ^d	0,164 ± 0,020 ^d	0,168 ± 0,024 ^d	2,650 ± 0,330 ^c	2,579 ± 0,290 ^c	2,702 ± 0,37 ^c

Примечание: разные буквенные индексы указывают на статистически значимые различия между средними значениями (p < 0,05) для каждого параметра. К — контрольная выборка, неозонированные; O-1 — озонированные по технологии-1; O-2 — озонированные по технологии-2.

привести к аномалиям развития [46].

Принимая во внимание преобладание в исследуемых группах ранней эмбриональной смертности, учитывая, что дефекты развития органов в эмбриогенезе сложны и их трудно регистрировать традиционными подходами из-за пространственной структурной реорганизации органов [47], оценку влияния озонирования на закладку внутренних органов куриного эмбриона проводили на 7-е сутки инкубации методом рентгеновской микроКТ. Этот метод позволяет уже на ранних сроках инкубации исключить возможные нарушения закладки внутренних органов и оценить их топографию [41]. Фрагмент исследований с использованием метода микроКТ представлен на рисунке 1.

Полноценность закладки внутренних органов эмбрионов под воздействием озона учитывали по их наличию и топографическим особенностям в соответствии с аналогичными критериями у эмбрионов, не подвергавшихся озонированию. В контрольной группе во всех проекциях микрофотограмм эмбрионов на 7-е сутки инкубации четко визуализируются все органы, их морфологические характеристики соответствуют сроку развития. Идентифицированы головной мозг, глаза, сердце, печень, позвоночник и нервный канал, мезонефрос, желудок, кишечник, легкие, селезенка. МикроКТ-анализ анатомических структур эмбрионов 7-х суток развития опытных групп свидетельствует об отсутствии отклонений в развитии по всем объектам визуализации.

Принимая во внимание, что печень является самой большой эмбриональной метаболической тканью, чувствительной к окислительному стрессу, учитывая имеющиеся сведения о гепатотоксичности активных форм кислорода у куриного эмбриона [48], проводилась гистоморфологическая оценка влияния озонирования на печень развивающегося эмбриона на 16-е сутки инкубации.

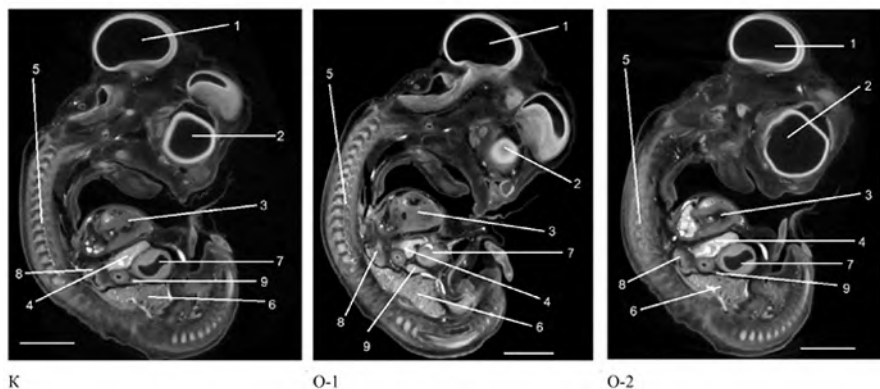
Микроскопическая визуализация микропрепаратов печени эмбрионов в контрольной и опытных выборках соответствовала характеристикам нормальной гистологии органа, представленной другими исследователями для соответствующего этапа развития [49].

На микропрепаратах хорошо визуализируются дольки с сохраненной балочной структурой. Гепатоциты с одинаковыми ядрами, цитоплазма равномерно окрашена, сосуды печени без изменений. В поле зрения различаются многочисленные сосуды, представленные сосудами синусов и центральными венами (рис. 2).

Тканевой реакции печени эмбриона на дезинфицирующее озонирование не наблюдалось. Отличий морфологии ткани печени эмбрионов в контрольной и группах О-1 и О-2 не регистрировалось.

Рис. 1. Репрезентативные микрофотографические 3D-изображения целого куриного эмбриона на 7-е сутки развития (сагиттальная проекция; масштабная линейка соответствует 2 мм; 1 — головной мозг, 2 — глаз, 3 — сердце, 4 — печень, 5 — позвоночник и нервный канал, 6 — мезонефрос, 7 — желудок, 8 — легкие, 9 — селезенка). К — контрольная выборка, неозонированные; О-1 — озонированные по технологии-1; О-2 — озонированные по технологии-2

Fig. 1. Representative microtomographic 3D images of a whole chicken embryo on the 7th day of development (sagittal projection; scale bar corresponds to 2 mm; 1 — brain, 2 — eye, 3 — heart, 4 — liver, 5 — spine and neural canal, 6 — mesonephros, 7 — stomach, 8 — lungs, 9 — spleen). К — control sample, notozonized; О-1 — ozonized using technology-1; О-2 — ozonized using technology-2



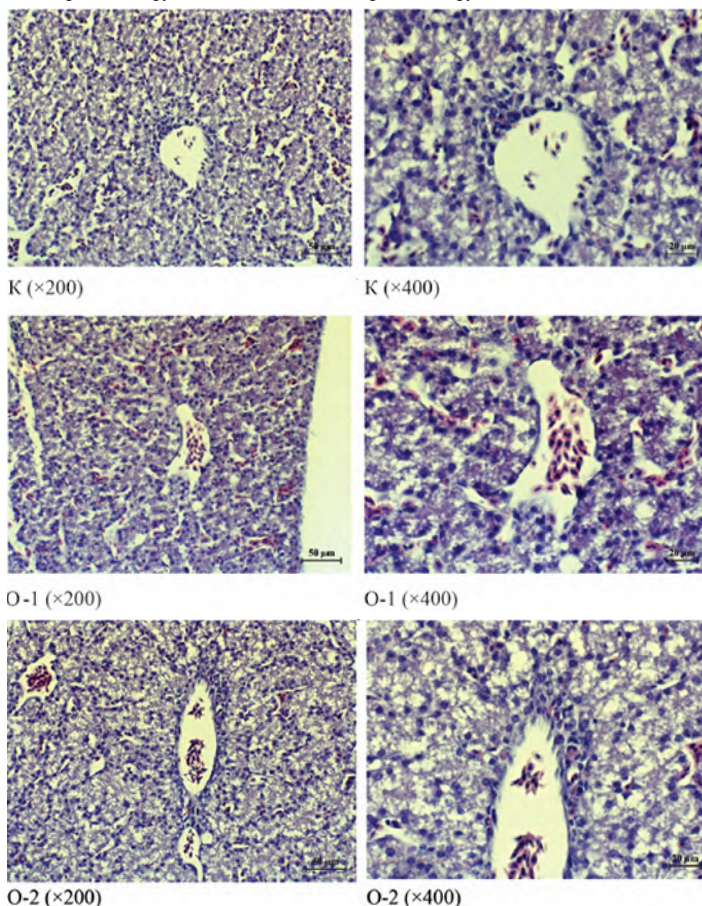
Анализ всех представленных выше результатов полностью подтверждает гипотезу о целесообразности использования портативных озонаторов для дезинфицирующей обработки инкубационных яиц.

Принципиальным является выбор технологии, обеспечивающей уже на ранних этапах инкубации концентрацию озона в озонкислородной смеси, достаточную для дезинфицирующего эффекта, что направлено не только на снижение уровня общей микробной обсемененности

Рис. 2. Гистологические срезы печени 16-суточных куриных эмбрионов.

Окраска гематоксилином и эозином. К — контрольный образец, неозонированный; О-1 — озонированный по технологии-1; О-2 — озонированный по технологии-2

Fig. 2. Histological sections of the liver of 16-day-old chicken embryos. Hematoxylin and eosin staining. К — control sample, notozonized; О-1 — ozonized using technology-1; О-2 — ozonized using technology-2



яиц непосредственно после процесса озонирования, но и на сохранение более низких (по сравнению с необработанными яйцами) значений этого показателя и на дальнейших этапах инкубации, не связанных с озонированием.

Выбор сроков инкубации для осуществления озонирования обусловлен высокой степенью критичности зародышевого и предплодного периода развития эмбриона по отношению к действию внешних факторов, в частности к разнообразным микроорганизмам, присутствующим на яйцах, как правило, в большом количестве еще до инкубации.

Кроме того, именно ранние периоды эмбрионального развития связаны с наиболее интенсивными пролиферативными и дифференцированными процессами, нарушение которых (в том числе на фоне микробной агрессии) способно повлиять на качество формообразования в растущем организме.

Поэтому в качестве одного из важнейших критериев оценки влияния озона, примененного в соответствии с предлагаемыми технологиями, использовали полноценность закладки внутренних органов, для контроля которой применен инновационный метод микротомографии, позволяющий не только выявить наличие или отсутствие конкретного органа, но и его структурные особенности, топографию во взаимоотношении с другими вновь формирующимися анатомическими структурами.

В ходе определения наиболее эффективной технологии дезинфицирующего озонирования с помощью портативного озонатора изначально предложены два технологических подхода, в частности, двукратного и трехкратного озонирования яиц на ранних сроках инкубации, по 30 минут на каждый цикл обработки при максимальной величине таких технических характеристик прибора, как мощность и поток озонкислородной смеси. Это обеспечило суммарную концентрацию озона за весь период обработки 240 мг/л при двукратном озонировании и 360 мг/л — при трехкратной.

Экспериментально подтверждено, что достаточный дезинфицирующий эффект обеспечивается как при двукратном, так и при трехкратном озонировании, которое завершается к 3-м и 5-м суткам инкубации соответственно. Это сопровождается снижением уровня микробной обсемененности яиц уже на следующий день после последней обработки.

При этом, несмотря на незначительное повышение уровня общей микробной обсемененности в дни инкубации, последующие за завершающей обработкой, отмечено дальнейшее сохранение тенденции снижения этого показателя по сравнению с необработанными яйцами, наиболее выраженное при трехкратном озонировании.

Этот факт в совокупности с динамикой качественных показателей эмбрионов (особенности закладки внутренних органов, выживаемость, морфометрические показатели и индексы физического развития) обуславливает нецелесообразность дополнительного озонирования в более поздние сроки инкубации.

Показательным моментом являются и качественные особенности микробного пейзажа озонированных яиц, демонстрирующие не только бактериостатический, но и бактерицидный эффект. Это подтверждается временным или стойким исчезновением вплоть до конца эксперимента первично выделенных из смывной жидкости микроорганизмов. Так, при двукратной обработке к концу инкубации не высевались *S. simulans*,

S. Xylosus, ранее выделяемые до озонирования. При трехкратной обработке такая тенденции отмечена по отношению к *B. cereus*, *S. sciuri*, *S. xylosus*, *L. fusiformis*, *B. licheniformis*.

Вышеизложенное свидетельствует об эффективности обеих технологий, при этом подчеркивает приоритетность технологии-2, заключающейся в трехкратной обработке озонном.

Отмечая более высокую дезинфицирующую эффективность трехкратного озонирования яиц, обращаем внимание на установленное превосходство этой технологии, отличающейся полной безвредностью и некоторым стимулирующим эффектом по отношению к развитию эмбрионов.

Отмечены более лучшие показатели биологического контроля инкубации выживаемости, массы и размеров тела при неизменности индексов физического развития эмбрионов не только по сравнению с неозонированными яйцами, но и с обработанными двукратно.

Следует отметить, что в данной работе не ставилась задача изучения влияния разработанной технологии дезинфицирующего озонирования инкубационных яиц на развитие цыплят в постнатальном онтогенезе. Это выступает некоторым ограничением исследования, так как появляются новые сведения о задержке роста цыплят после применения активных форм кислорода для прединкубационной дезинфекции [43]. В связи с этим очевидно целесообразность расширения спектра исследований на постнатальный период, что и выступит целью дальнейшего исследования.

Выводы/Conclusions

Доказана достаточная дезинфицирующая эффективность технологии, обеспечивающая после последнего цикла озонирования снижение уровня общей микробной обсемененности при двукратной и трехкратной обработке на 30% и 40% соответственно, тенденцию сохранения низкой (по сравнению с неозонированными яйцами) общей микробной обсемененности яиц — вплоть до 14 суток инкубации.

Качественная динамика микробного пейзажа свидетельствует о бактериостатическом и не исключает бактерицидное действие озона в использованных концентрациях на широкий спектр микроорганизмов, сохраняющееся вплоть до 14 суток инкубации, что наиболее выражено при трехкратной обработке.

Концентрация озона, обеспечиваемая при использовании обеих технологий, не оказывает отрицательного действия на развитие эмбрионов, что подтверждается показателями биологического контроля инкубации, данными микроКТ закладки внутренних органов эмбрионов, устойчивой динамикой ростовых показателей и индексов физического развития, результатами гистологического исследования печени.

В целом представленные результаты убедительно свидетельствуют о целесообразности использования портативных озонаторов для обработки небольшого количества яиц, что представляет важность для малых форм хозяйствования: личных подсобных и крестьянских фермерских хозяйств. При этом в качестве дезинфицирующей и безвредной может быть использована любая из двух представленных технологий.

Однако технология трехкратного озонирования (наряду с более выраженным антибактериальным действием) демонстрирует наличие стимулирующего влияния на организм развивающегося эмбриона, что обуславливает предпочтительность ее выбора.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет грантов Российского научного фонда № 23-24-00282 (<https://rscf.ru/project/23-24-00282/>) (микробиологический контроль дезинфицирующей эффективности озонирования и влияния на показатели массы тела и физического развития куриного эмбриона), № 24-26-00178 (<https://rscf.ru/en/project/24-26-00178/>) (микротомографический контроль закладки внутренних органов куриного эмбриона).

FUNDING

The study was funded by grants from the Russian Science Foundation No. 23-24-00282 (<https://rscf.ru/en/project/23-24-00282/>) (microbiological control of the disinfecting effect of ozonation and the effect on body weight and physical development of the chicken embryo), No. 24-26-00178 (<https://rscf.ru/en/project/24-26-00178/>) (microtomographic monitoring of the formation of internal organs of a chick embryo).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Duvanov E.S., Kudinov Y.I., Pashchenko F.F., Duvanov V.S. Analysis of the Technological Process of Egg Incubation and Formulation of the Control Problem. *2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. IEEE. 2021; 769–773. <https://doi.org/10.1109/SUMMA53307.2021.9632224>
- Лукин Е.В., Бакаева Л.Н., Ежова О.Ю., Николаева Н.А. Эффективность использования различных схем закладки при инкубации куриных яиц. *Современные проблемы развития ветеринарной медицины и биотехнологий. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием*. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет. 2023; 248–251. <https://elibrary.ru/ggkzkn>
- Лопаева Н.Л. Особенности получения яиц с высокими инкубационными свойствами. Вклад аграрных ученых в реализацию 10-летия науки и технологии в Российской Федерации. *Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции*. Курган: Курганский государственный университет. 2023; 40–43. <https://elibrary.ru/yehdph>
- Курбонова М.Д. Инкубация яиц мясных кур разных кроссов. *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2024; 189–193. <https://elibrary.ru/dybunh>
- Garcia P., Wang Y., Viallet J., Macek Jilkova Z.M. The Chicken Embryo Model: A Novel and Relevant Model for Immune-Based Studies. *Frontiers in Immunology*. 2021; 12: 791081. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.791081>
- Yushina Yu.K., Nasyrov N.A., Zaiko E.V., Grudistova M.A., Reshchikov M.D. Evaluating the effect of various types of disinfectants on bacterial biofilms. *Теория и практика переработки мяса*. 2023; 8(2): 162–167. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-2-162-167>
- Woyda R., Oladeinde A., Abdo Z. Chicken Production and Human Clinical *Escherichia coli* Isolates Differ in Their Carriage of Antimicrobial Resistance and Virulence Factors. *Applied and Environmental Microbiology*. 2023; 89(2): e01167-22. <https://doi.org/10.1128/aem.01167-22>
- Kozak S.S., Tararova K.S. Многокомпонентное моющее-дезинфицирующее средство для санитарной обработки ветеринарных объектов на птицеперерабатывающих предприятиях. *Птица и птицепродукты*. 2024; (2): 40–43. <https://elibrary.ru/sbunne>
- Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S., Ananikov Ya.G., Shkarupa E.V. The influence of morphological parameters of incubation eggs on the growth and development of repair young. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01033. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801033>
- Цыганков Е.М., Менькова А.А., Казмирова Т.А., Андреев А.И. Бактериологические показатели смывов как фактор эмбрионального развития цыплят и максимизации эффективности птицеводства. *Ветеринарный врач*. 2022; (1): 56–65. <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2021-1-56-65>
- Saidane Z., Dahou A.A., Daoudi M., Dahmouni S., Homrani A. Consequences of Technical and Sanitary Practices on Laying and Hatching Rates in the *Gallus gallus domesticus* Meat Sector in the Mostaganem Region (Algeria). *Acta Veterinaria Eurasia*. 2024; 50(1): 3–8. <https://doi.org/10.5152/actavet.2024.23032>
- Цыганков Е.М. Влияние дезинфицирующих средств «Аргодез», «Вироцид», «Кемидид» на эмбриональное развитие цыплят-бройлеров. *Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2023; 403–407. <https://elibrary.ru/gnyyjk>
- Астахова Ю.Ю., Кузнецов В.С., Ежова О.Ю. Обработка инкубационных яиц биопрепаратом. Перспективы развития современного агропромышленного комплекса. *Материалы III Международной научно-практической конференции*. Уфа: Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук. 2023; 179–183. <https://elibrary.ru/aflnmp>
- Boronin V.V. Обеспечение здоровья цыплят-бройлеров путем оптимизации освещенности при инкубации яиц. *Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2024; 96–98. <https://elibrary.ru/csuzlq>

REFERENCES

- Duvanov E.S., Kudinov Y.I., Pashchenko F.F., Duvanov V.S. Analysis of the Technological Process of Egg Incubation and Formulation of the Control Problem. *2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. IEEE. 2021; 769–773. <https://doi.org/10.1109/SUMMA53307.2021.9632224>
- Lukin E.V., Bakaeva L.N., Ezhova O.Yu., Nikolaeva N.A. The effectiveness of using various laying schemes when incubating chicken eggs. *Modern problems of development of veterinary medicine and biotechnology. Materials of the National scientific and practical conference with international participation*. Orenburg: Orenburg State Agrarian University. 2023; 248–251 (in Russian). <https://elibrary.ru/ggkzkn>
- Lopaeva N.L. Features of obtaining eggs with high incubation properties. *The contribution of agricultural scientists to the implementation of the 10th anniversary of science and technology in the Russian Federation. Collection of articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference*. Kurgan: Kurgan State University. 2023; 40–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/yehdph>
- Kurbonova M.D. Incubation of eggs of meat chickens of different crosses. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists*. Penza: Penza State Agrarian University. 2024; 189–193 (in Russian). <https://elibrary.ru/dybunh>
- Garcia P., Wang Y., Viallet J., Macek Jilkova Z.M. The Chicken Embryo Model: A Novel and Relevant Model for Immune-Based Studies. *Frontiers in Immunology*. 2021; 12: 791081. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.791081>
- Yushina Yu.K., Nasyrov N.A., Zaiko E.V., Grudistova M.A., Reshchikov M.D. Evaluating the effect of various types of disinfectants on bacterial biofilms. *Theory and practice of meat processing*. 2023; 8(2): 162–167. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-2-162-167>
- Woyda R., Oladeinde A., Abdo Z. Chicken Production and Human Clinical *Escherichia coli* Isolates Differ in Their Carriage of Antimicrobial Resistance and Virulence Factors. *Applied and Environmental Microbiology*. 2023; 89(2): e01167-22. <https://doi.org/10.1128/aem.01167-22>
- Kozak S.S., Tararova K.S. Multicomponent washing-and-disinfection solution for veterinary objects disinfection at poultry processing enterprises. *Poultry & chicken products*. 2024; (2): 40–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/sbunne>
- Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S., Ananikov Ya.G., Shkarupa E.V. The influence of morphological parameters of incubation eggs on the growth and development of repair young. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01033. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801033>
- Tsygankov E.M., Menkova A.A., Kazimirova T.A., Andreev A.I. Bacteriological indicators of flushes as factor of embryonic development of chickens and maximizing the efficiency of poultry farming. *The Veterinarny Vrach*. 2022; (1): 56–65 (in Russian). <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2021-1-56-65>
- Saidane Z., Dahou A.A., Daoudi M., Dahmouni S., Homrani A. Consequences of Technical and Sanitary Practices on Laying and Hatching Rates in the *Gallus gallus domesticus* Meat Sector in the Mostaganem Region (Algeria). *Acta Veterinaria Eurasia*. 2024; 50(1): 3–8. <https://doi.org/10.5152/actavet.2024.23032>
- Tsygankov E.M. The effect of disinfectants "Argodez", "Virocide", "Kemicide" on the embryonic development of broiler chickens. *Modern trends in the development of agricultural science. Collection of scientific papers of the II International scientific and practical conference*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2023; 403–407 (in Russian). <https://elibrary.ru/gnyyjk>
- Astakhova Yu.Yu., Kuznetsov V.S., Ezhova O.Yu. Treatment of incubation eggs with a biological product. *Prospects for the development of the modern agro-industrial complex. Proceedings of the III International scientific and practical conference*. Ufa: Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences. 2023; 179–183 (in Russian). <https://elibrary.ru/aflnmp>
- Boronin V.V. Ensuring the health of broiler chickens by optimizing lighting during egg incubation. *Promising technologies and innovations in the agro-industrial complex in the context of digitalization. Proceedings of the III International scientific and practical conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2024; 96–98 (in Russian). <https://elibrary.ru/csuzlq>

15. Svetlov D.A., Boriskin A.S., Dergunova A.V., Vildaiva M.V., Erofeev V.T. Disinfection and Sterilization of Air and Internal Surfaces of Industrial Premises. Akimov P., Vatin N. (eds.). *XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021)*. Lecture Notes in Civil Engineering; vol. 189. Cham: Springer. 2022; 38–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86001-1_5
16. Saipullaev M., Koichuev A., Batyrova A., Gadzhimuradova Z., Mirzoeva T. The disinfecting properties of Penox-1 solutions for sanitation of objects of veterinary supervision. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503012>
17. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
18. Rebezov M. et al. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry: A Review. *Applied Sciences*. 2022; 12(13): 6639. <https://doi.org/10.3390/app12136639>
19. Oliveira G.d.S., McManus C., Salgado C.B., dos Santos V.M. Effects of Sanitizers on Microbiological Control of Hatching Eggshells and Poultry Health during Embryogenesis and Early Stages after Hatching in the Last Decade. *Animals*. 2022; 12(20): 2826. <https://doi.org/10.3390/ani12202826>
20. Motola G., Hafez H.M., Brüggemann-Schwarze S. Assessment of three alternative methods for bacterial disinfection of hatching eggs in comparison with conventional approach in commercial broiler hatcheries. *PLoS ONE*. 2023; 18(3): e0283699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283699>
21. Возмилов А.Г., Астафьев Д.В., Илимбетов Р.Ю. Использование озона для дезинфекции яиц и стимулирования эмбрионального развития цыплят в период инкубации. *АПК России*. 2019; 26(5): 811–817. <https://elibrary.ru/biiwgv>
22. Koc S., Aygun A. Effects of Ozone on Egg Shell Microbial Load, Hatching Traits and Chick Performance in Quail Eggs. *Innoriginal: International Journal of Sciences*. 2021; 8(3): 47–52.
23. Saad H.F. The effect of exposing broiler hatching eggs to different periods of ozone dissolved in water on some hatching characters, productive performance of hatched chicks. *European Scholar Journal*. 2024; 5(1): 4–10.
24. Parvin P.A., Zakeri A., Hidarnejad K., Moghaddaszadeh-Ahrabi S. Ozone treatment as a disinfectant of commercial eggs to preserve function quality. *The Indian Journal of Animal Sciences*. 2020; 90(6): 937–941. <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i6.105009>
25. Илюнина А.В., Зыкина Е.А. Озонирование в птицеводстве. *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2022; 1: 152–154. <https://elibrary.ru/dkrflr>
26. Сизоненко М.Н., Тимченко Л.Д., Ржепаковский И.В. Озонирование инкубационных яиц как путь повышения биотехнологических потенциалов эмбрионального сырья. *Современные достижения биотехнологии. Материалы IV Международной научно-практической конференции*. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет. 2014; 195–198. <https://elibrary.ru/tbvlhz>
27. Шахбанов М.Ш. Актуальность и перспективы исследования влияния озона на развитие куриного эмбриона. *Биотехнология: взгляд в будущее*. Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет. 2020; 263–266. <https://elibrary.ru/vxpyub>
28. Строев Н.Н., Астахова Т.С. Разработка эффективной системы электропитания озонатора промышленного назначения. *Энергетика, информатика, инновации-2023. Материалы XIII Международной научно-технической конференции*. Смоленск: Универсиум. 2023; 124–128. <https://elibrary.ru/vlmjji>
29. Слободскова А.А., Кузьмина Т.А. К вопросу обработки инкубационных яиц. *Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2022; (2): 110–114. <https://elibrary.ru/jeoyrp>
30. Ulyukina E.A., Gusev S.S., Andreev O.P., Pirogov E.N. Ozone-sorption technology of water purification for agricultural enterprises. *E3S Web of Conferences*. 2023; 402: 09017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340209017>
31. Makhmudov I.E., Aliev M.K., Makhmudova D.E., Musayev Sh.M., Rustamova M.M., Nematov D.B. Static Mixer Apparatus for blending Ozone with water in the Process Pipeline. *E3S Web of Conferences*. 2023; 449: 06014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906014>
32. Vendin S., Manuylenko A., Strakhov V. Results of research on development of electric air ozonizer for livestock rooms. *E3S Web of Conferences*. 2023; 411: 02018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341102018>
33. Avdeeva V.N., Starodubtseva G.P., Bezgina Yu.A., Zorina E.B., Logacheva E.A. Development of an electrical ozonator for the treatment of agricultural products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1052: 012135. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012135>
15. Svetlov D.A., Boriskin A.S., Dergunova A.V., Vildaiva M.V., Erofeev V.T. Disinfection and Sterilization of Air and Internal Surfaces of Industrial Premises. Akimov P., Vatin N. (eds.). *XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021)*. Lecture Notes in Civil Engineering; vol. 189. Cham: Springer. 2022; 38–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86001-1_5
16. Saipullaev M., Koichuev A., Batyrova A., Gadzhimuradova Z., Mirzoeva T. The disinfecting properties of Penox-1 solutions for sanitation of objects of veterinary supervision. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503012>
17. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
18. Rebezov M. et al. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry: A Review. *Applied Sciences*. 2022; 12(13): 6639. <https://doi.org/10.3390/app12136639>
19. Oliveira G.d.S., McManus C., Salgado C.B., dos Santos V.M. Effects of Sanitizers on Microbiological Control of Hatching Eggshells and Poultry Health during Embryogenesis and Early Stages after Hatching in the Last Decade. *Animals*. 2022; 12(20): 2826. <https://doi.org/10.3390/ani12202826>
20. Motola G., Hafez H.M., Brüggemann-Schwarze S. Assessment of three alternative methods for bacterial disinfection of hatching eggs in comparison with conventional approach in commercial broiler hatcheries. *PLoS ONE*. 2023; 18(3): e0283699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283699>
21. Vozmilov A.G., Astafiev D.V., Ilimbetov R.Yu. Using ozone to disinfect eggs and stimulate the embryonic development of chickens during the incubation period. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2019; 26(5): 811–817 (in Russian). <https://elibrary.ru/biiwgv>
22. Koc S., Aygun A. Effects of Ozone on Egg Shell Microbial Load, Hatching Traits and Chick Performance in Quail Eggs. *Innoriginal: International Journal of Sciences*. 2021; 8(3): 47–52.
23. Saad H.F. The effect of exposing broiler hatching eggs to different periods of ozone dissolved in water on some hatching characters, productive performance of hatched chicks. *European Scholar Journal*. 2024; 5(1): 4–10.
24. Parvin P.A., Zakeri A., Hidarnejad K., Moghaddaszadeh-Ahrabi S. Ozone treatment as a disinfectant of commercial eggs to preserve function quality. *The Indian Journal of Animal Sciences*. 2020; 90(6): 937–941. <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i6.105009>
25. Ilyunina A.V., Zykina E.A. Ozonation in poultry farming. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Collection of materials of the International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2022; 1: 152–154 (in Russian). <https://elibrary.ru/dkrflr>
26. Sizonenko M.N., Timchenko L.D., Rzhepakovsky I.V. Ozonation of hatching eggs as a way to increase the biotechnological potential of embryonic raw materials. *Modern achievements of biotechnology. Proceedings of the IV International scientific and practical conference*. Stavropol: North-Caucasus Federal University. 2014; 195–198 (in Russian). <https://elibrary.ru/tbvlhz>
27. Shakhbanov M.Sh. Relevance and prospects of studying the influence of ozone on the development of the chicken embryo. *Biotechnology: a look into the future*. Stavropol: Stavropol State Medical University. 2020; 263–266 (in Russian). <https://elibrary.ru/vxpyub>
28. Stroeve N.N., Astakhova T.S. Development of an efficient power supply system for an industrial ozonizer. *Energy, computer science, innovation-2023. Proceedings of the XIII International scientific and technical conference*. Smolensk: Universium. 2023; 124–128 (in Russian). <https://elibrary.ru/vlmjji>
29. Slobodskova A.A., Kuzmina T.A. On the issue of processing hatching eggs. *Vestnik Soveta molyodykh uchenykh Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2022; (2): 110–114 (in Russian). <https://elibrary.ru/jeoyrp>
30. Ulyukina E.A., Gusev S.S., Andreev O.P., Pirogov E.N. Ozone-sorption technology of water purification for agricultural enterprises. *E3S Web of Conferences*. 2023; 402: 09017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340209017>
31. Makhmudov I.E., Aliev M.K., Makhmudova D.E., Musayev Sh.M., Rustamova M.M., Nematov D.B. Static Mixer Apparatus for blending Ozone with water in the Process Pipeline. *E3S Web of Conferences*. 2023; 449: 06014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906014>
32. Vendin S., Manuylenko A., Strakhov V. Results of research on development of electric air ozonizer for livestock rooms. *E3S Web of Conferences*. 2023; 411: 02018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341102018>
33. Avdeeva V.N., Starodubtseva G.P., Bezgina Yu.A., Zorina E.B., Logacheva E.A. Development of an electrical ozonator for the treatment of agricultural products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1052: 012135. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012135>

34. Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A. Modes of treating pre-sowing grain seeds with ozone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 954: 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012009>
35. Исмаилов А.А., Тимченко Л.Д., Пенькова Н.И., Амлюева А.З., Агамерзаева М.М. Применение MALDI-ToF масс-спектрометрического анализа для идентификации озонированной *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. *Естественные и технические науки*. 2022; (7): 69–72. <https://doi.org/10.25633/ETN.2022.07.03>
36. Черников С.В., Тимченко Л.Д., Шахбанов М.Ш., Какулия Е.В., Гусаков Д.А. Динамика корреляционной взаимосвязи между уровнем альфа-фетопротеина, общего белка в гомогенате куриного эмбриона и его морфометрическими показателями. *Современные вопросы биомедицины*. 2024; 8(S1): 16. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_S1_16
37. Сизоненко М.Н., Добрыня Ю.М. Влияние озона на морфологические особенности перепелиного эмбриона. *Физико-химическая биология. II Международная научная интернет-конференция*. Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет. 2014; 16–18. <https://elibrary.ru/uxblep>
38. Zahoor M.A. *et al.* Teratogenic Effects of Thiamethoxam (a Neonicotinoid) on Development of Chick Embryo. *Pakistan Veterinary Journal*. 2022; 42(2): 179–184.
39. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. Schaumburg, IL: *American Veterinary Medical Association*. 2020; 121. ISBN 978-1-882691-54-8
40. Ржепаковский И.В. и др. Трехмерная рентгеновская микротомография сердца куриного эмбриона в раннем периоде эмбриогенеза. *Аграрная наука*. 2023; (10): 24–29. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-24-29>
41. Rzhepakovsky I. *et al.* High-Performance Microcomputing Tomography of Chick Embryo in the Early Stages of Embryogenesis. *Applied Sciences*. 2023; 13(19): 10642. <https://doi.org/10.3390/app131910642>
42. Hoffmann A., Thiele M., Fehlhaber K., Seeger J. Effects of Ozone (O₃) on Survival and Development of Chick Embryos After Gas Exposure *In Ovo*. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2005; 34(S1): 20–21. https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2005.00669_44.x
43. Wlazlo L., Drabik K., Al-Shammari K.I.A., Batkowska J., Nowakowicz-Debek B., Gryzińska M. Use of reactive oxygen species (ozone, hydrogen peroxide) for disinfection of hatching eggs. *Poultry Science*. 2020; 99(5): 2478–2484. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.039>
44. Астахова Ю.Ю., Пушкарев Д.Н., Ежова О.Ю., Гадиев Р.Р. Применение антисептического препарата в инкубации яиц. *Мичуринский агрономический вестник*. 2022; (1): 7–11. <https://elibrary.ru/gckxcx>
45. Волонсевич М.А. Использование ультрафиолетового излучения с-спектра для санации длительно хранившихся инкубационных яиц кур. *Сельское хозяйство — проблемы и перспективы. Сборник научных трудов. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет*. 2022; 56: 23–32. <https://elibrary.ru/zdintq>
46. Ma Y. *et al.* OCT based four-dimensional cardiac imaging of a living chick embryo using an impedance signal as a gating for post-acquisition synchronization. *Biomedical Optics Express*. 2022; 13(12): 6595–6609. <https://doi.org/10.1364/BOE.476254>
47. Chen V.S., Morrison J.P., Southwell M.F., Foley J.F., Bolon B., Elmore S.A. Histology Atlas of the Developing Prenatal and Postnatal Mouse Central Nervous System, with Emphasis on Prenatal Days E7.5 to E18.5. *Toxicologic Pathology*. 2017; 45(6): 705–744. <https://doi.org/10.1177/0192623317728134>
48. Xiao X., Yuan D., Wang Y.-X., Zhan X.-A. The Protective Effects of Different Sources of Maternal Selenium on Oxidative Stressed Chick Embryo Liver. *Biological Trace Element Research*. 2016; 172(1): 201–208. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0541-y>
49. Colakoglu F., Selcuk M.L. The Embryotoxic Effects of in Ovo Administered Sunset Yellow FCF in Chick Embryos. *Veterinary Sciences*. 2021; 8(2): 31. <https://doi.org/10.3390/vetsci8020031>
34. Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A. Modes of treating pre-sowing grain seeds with ozone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 954: 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012009>
35. Ismailov A.A., Timchenko L.D., Penkova N.I., Amliueva A.Z., Agamerzaeva M.M. Application of MALDI-ToF mass-spectrometric analysis for identification of ozonated *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. *Natural and technical sciences*. 2022; (7): 69–72 (in Russian). <https://doi.org/10.25633/ETN.2022.07.03>
36. Chernikov S.V., Timchenko L.D., Shakhbanov M.Sh., Kakulia E.V., Gusakov D.A. Dynamics of the correlation between the level of alpha-fetoprotein, total protein in the chicken embryo homogenate and its morphometric parameters. *Modern Issues of Biomedicine*. 2024; 8(S1): 16 (in Russian). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_S1_16
37. Sizonenko M.N., Dobrynya Yu.M. Effect of ozone on morphological features of quail embryo. *Physicochemical biology. II International scientific Internet conference*. Stavropol: Stavropol State Medical University. 2014; 16–18 (in Russian). <https://elibrary.ru/uxblep>
38. Zahoor M.A. *et al.* Teratogenic Effects of Thiamethoxam (a Neonicotinoid) on Development of Chick Embryo. *Pakistan Veterinary Journal*. 2022; 42(2): 179–184.
39. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. Schaumburg, IL: *American Veterinary Medical Association*. 2020; 121. ISBN 978-1-882691-54-8
40. Rzhepakovsky I.V. *et al.* Three-dimensional X-ray microtomography of the heart of a chick embryo in the early period of embryogenesis. *Agrarian science*. 2023; (10): 24–29 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-24-29>
41. Rzhepakovsky I. *et al.* High-Performance Microcomputing Tomography of Chick Embryo in the Early Stages of Embryogenesis. *Applied Sciences*. 2023; 13(19): 10642. <https://doi.org/10.3390/app131910642>
42. Hoffmann A., Thiele M., Fehlhaber K., Seeger J. Effects of Ozone (O₃) on Survival and Development of Chick Embryos After Gas Exposure *In Ovo*. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2005; 34(S1): 20–21. https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2005.00669_44.x
43. Wlazlo L., Drabik K., Al-Shammari K.I.A., Batkowska J., Nowakowicz-Debek B., Gryzińska M. Use of reactive oxygen species (ozone, hydrogen peroxide) for disinfection of hatching eggs. *Poultry Science*. 2020; 99(5): 2478–2484. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.039>
44. Astakhova Yu.Yu., Pushkarev D.N., Yezhova O.Yu., Gadiev R.R. The use of an antiseptic drug in egg incubation. *Michurin agronomy bulletin*. 2022; (1): 7–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/gckxcx>
45. Volonsevich M.A. Use of ultraviolet radiation of the c-spectrum for the sanitation of long-stored hatching eggs of chickens. *Agriculture — problems and prospects. Collection of scientific papers*. Grodno: Grodno State Agrarian University. 2022; 56: 23–32 (in Russian). <https://elibrary.ru/zdintq>
46. Ma Y. *et al.* OCT based four-dimensional cardiac imaging of a living chick embryo using an impedance signal as a gating for post-acquisition synchronization. *Biomedical Optics Express*. 2022; 13(12): 6595–6609. <https://doi.org/10.1364/BOE.476254>
47. Chen V.S., Morrison J.P., Southwell M.F., Foley J.F., Bolon B., Elmore S.A. Histology Atlas of the Developing Prenatal and Postnatal Mouse Central Nervous System, with Emphasis on Prenatal Days E7.5 to E18.5. *Toxicologic Pathology*. 2017; 45(6): 705–744. <https://doi.org/10.1177/0192623317728134>
48. Xiao X., Yuan D., Wang Y.-X., Zhan X.-A. The Protective Effects of Different Sources of Maternal Selenium on Oxidative Stressed Chick Embryo Liver. *Biological Trace Element Research*. 2016; 172(1): 201–208. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0541-y>
49. Colakoglu F., Selcuk M.L. The Embryotoxic Effects of in Ovo Administered Sunset Yellow FCF in Chick Embryos. *Veterinary Sciences*. 2021; 8(2): 31. <https://doi.org/10.3390/vetsci8020031>

ОБ АВТОРАХ

Людмила Дмитриевна Тимченко¹

доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник медико-биологического факультета
ltimchenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2011-880X>

Сергей Иванович Писков¹

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник медико-биологического факультета
spiskov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5558-5486>

Магомед Шамилович Шахбанов¹

ассистент кафедры зоологии и паразитологии медико-биологического факультета
mshakhbanov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2580-7233>

ABOUT THE AUTHORS

Lyudmila Dmitrievna Timchenko¹

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
ltimchenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2011-880X>

Sergey Ivanovich Piskov¹

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
spiskov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5558-5486>

Magomed Shamilovich Shakhbanov¹

Assistant of the Department of Zoology and Parasitology of the Faculty of Medicine and Biology
mshakhbanov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2580-7233>

Игорь Владимирович Ржепаковский¹

кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник медико-биологического факультета
irzhepakovskii@ncfu.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

Марина Николаевна Сизоненко¹

кандидат биологических наук, научный сотрудник медико-биологического факультета
msizonenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1009-7112>

Светлана Суреновна Аванесян¹

научный сотрудник медико-биологического факультета
savanesian@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3536-1247>

Андрей Ашотович Нагдалян¹

кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИЛ пищевой и промышленной биотехнологии факультета пищевой инженерии и биотехнологий
anagdalian@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Северо-Кавказский федеральный университет, ул. им. Пушкина, 1, Ставрополь, 355002, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620000, Россия

Igor Vladimirovich Rzhepakovsky¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
irzhepakovskii@ncfu.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

Marina Nikolaevna Sizonenko¹

Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
msizonenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1009-7112>

Svetlana Surenovna Avanesyan¹

Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
savanesian@ncfu.ru <https://orcid.org/0000-0003-3536-1247>

Andrey Ashotovich Naghdalian¹

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Institute of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology
anagdalian@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²;
Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹North Caucasus Federal University, 1 Pushkin Str., Stavropol, 355002, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620000, Russia



VI Федеральный IT-форум
агропромышленного комплекса
России

SMART AGRO

Цифровая трансформация в АПК

01 ноября 2024 г.



Организатор:



отель Continental,
г. Москва, ул. Тверская, 22

1
день

50
спикеров

400
участников