

*Ш.А. Альпейсов, А.К. Молдажанов, А.Т. Кулмахамбетова, А.А. Азизов,
Ж.М. Өтебаев, Д.А. Зинченко**

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы,
Казахстан, bolsheweak@gmail.com**

ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ВЫВОД МОЛОДНЯКА ВОДОПЛАВАЮЩЕЙ ПТИЦЫ

Аннотация

В статье представлена разработка и экспериментальная апробация цифрового устройства звуковой стимуляции, направленного на повышение эффективности инкубации водоплавающей птицы — уток и гусей. Основой для создания устройства послужили данные о поведенческой чувствительности эмбрионов к акустическим стимулам на поздних стадиях эмбриогенеза, особенно в последние сутки инкубации. Устройство реализовано на базе одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 4 Model B и включает в себя усилитель мощности, широкополосные динамики, а также специализированное программное обеспечение, обеспечивающее циклическое прерывистое воспроизведение звуков как природного (писк, голос родительской птицы), так и искусственного происхождения.

Экспериментальная часть работы выполнена в условиях лаборатории искусственной инкубации. Были сформированы контрольная и опытная группы, каждая из которых включала инкубационные яйца уток породы «Адигель» и гусей линдовской породы. В опытной группе устройство активировалось за 48 часов до предполагаемого вывода, в то время как контрольная группа инкубировалась по классической схеме без акустических воздействий.

Проведённая оценка включала анализ времени наклева, синхронности вывода, уровня двигательной активности и морфометрических показателей суточного молодняка. Результаты показали, что применение звуковой стимуляции увеличивает выводимость на 13–17 %, повышает синхронность вылупления, а также способствует формированию более активного и однородного по массе молодняка.

Разработанное устройство отличается низкой себестоимостью, простотой воспроизводства и возможностью программной адаптации под различные виды птиц. Оно может быть интегрировано в существующие инкубационные системы как в производственных, так и в научных целях. Представленные результаты подтверждают эффективность акустического воздействия как инновационного биомодулирующего фактора в птицеводстве.

Ключевые слова: звуковая стимуляция, Raspberry Pi, водоплавающие птицы, инкубация, синхронность вывода, вывод, суточный молодняк.

Введение

Развитие инкубационных технологий в птицеводстве направлено на достижение максимального вывода, физиологической полноценности и жизнеспособности молодняка птиц. При этом большинство современных инкубаторов сконцентрированы на поддержании стабильных параметров температуры, относительной влажности, вентиляции и поворота яиц, что безусловно является важнейшей частью технологического процесса. Однако в последние годы наблюдается возрастающий интерес к применению дополнительных факторов воздействия, в том числе сенсорных стимулов, в частности звуковых, способных оказывать влияние на эмбриогенез и поведение птенцов после вылупления.[1, 2, 3, 4]

Согласно современным представлениям, эмбриология птиц, органы слуха начинают функционировать у эмбрионов уже на поздних стадиях инкубации. Установлено, что у эмбрионов кур, индеек и водоплавающих птиц формирование слухового аппарата завершается

за несколько суток до вылупления, что позволяет им воспринимать акустические сигналы как из внешней среды, так и от сородичей внутри шкафа. В природных условиях акустические сигналы, издаваемые родительской особью, служат ключевым элементом пусковой активации эмбрионов к координированному выходу из яйца, а также способствуют активации нейрофизиологических механизмов, необходимых для дальнейшей жизнедеятельности. Установлено, что использование искусственно созданных звуков, в том числе природных (звуки утки, гуся, шорох скорлупы), в условиях инкубатора способно оказывать положительное влияние на такие параметры, как синхронность вывода, масса тела, уровень гормонов стресса и двигательная активность.[5, 6, 7]

Несмотря на положительные результаты, описанные в ряде экспериментальных работ, большинство исследований проведено преимущественно на яйцах кур и индеек. В отношении водоплавающих птиц, таких как утка и гусь, научная база ограничена, а типовые методики стимуляции, адаптированные под особенности их инкубации (более длительный период, специфический режим охлаждения и орошения), в научной и производственной практике отсутствуют. В связи с этим возникает потребность в создании специализированного технического решения, учитывающего акустическую чувствительность водоплавающих видов птиц и адаптированного для их инкубации.[8, 9, 10, 11]

Настоящее исследование направлено на разработку и испытание устройства звуковой стимуляции на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 4 Model B, предназначенного для автоматизированного воспроизведения звуковых сигналов в заключительной фазе инкубации. Объектом исследования является процесс выведения молодняка водоплавающих птиц в условиях инкубатора, предметом – влияние звукового воздействия на показатели вывода и качества утят и гусят. Целью исследования является конструирование и апробация доступной цифровой акустической системы для экспериментального и, в перспективе, промышленного применения. В задачи настоящей работы входило: (1) разработать техническую схему и программное обеспечение для звукового воздействия; (2) провести испытания устройства в условиях инкубации утиных и гусиных яиц; (3) проанализировать показатели вывода, подвижности и морфометрических характеристик молодняка в сравнении с контрольной группой.

Методы и материалы

Исследования были проведены в условиях лаборатории искусственной инкубации в течение весенне-летнего периода времени. Целью эксперимента являлась количественная и качественная оценка влияния звуковой стимуляции на процесс вывода молодняка водоплавающих птиц. Были сформированы две экспериментальные группы: контрольная (инкубация без звукового воздействия) и опытная (с применением звуковой стимуляции). Обе группы проходили инкубацию параллельно и в идентичных условиях за исключением исследуемого фактора - наличия звукового сигнала.

Для повышения достоверности результатов использовалась выборка из 400 инкубационных яиц, по 200 штук в каждой группе. При этом отбор яиц проводился с учетом равномерного распределения по виду птиц: 100 утиных яиц породы «Адигель» и 100 гусиных яиц линдовской породы в каждой группе. Яйца были отобраны из родительских стад гусей и уток, содержащихся в схожих условиях содержания и направлены на инкубацию не позднее 2-х суток после снесения.[12]

Критериями отбора инкубационных яиц были:

- отсутствие микротрещин, известковых отложений и загрязнений скорлупы;
- масса от 80 до 95 г для гусиных яиц и от 65 до 75 г для утиных;
- индекс формы в пределах 72–76 % (отношение ширины к длине $\times 100$);
- равномерная воздушная камера и прозрачность содержимого на просвет.

После отбора были сформированы две группы по 60 яиц в каждой (по 30 утиных и 30 гусиных), в одной из которых применялась звуковая стимуляция, а в другой не использовалась. Для предотвращения межгруппового влияния и перекрёстного звукового

воздействия яйца размещались в разных инкубаторах, стоящих в звукоизолированных помещениях.

Перед закладкой яйца промывались слабым раствором перекиси водорода (0.5 %) и протирались насухо чистой хлопчатобумажной тканью. Каждое яйцо было промаркировано по принадлежности к группе (О-опыт, К-контроль), виду (У-утка, Г-гусь) и порядковому номеру. Такая маркировка позволяла вести точный учет параметров по каждому яйцу и выведенному молодняку на всех этапах инкубации и вывода.

Закладка проводилась одновременно в оба инкубатора, параметры которых предварительно были откалиброваны и стабилизированы. Температура в инкубаторе составляла 37.6 ± 0.1 °C, влажность-55–60 % на стадии эмбриогенеза и 65–70 % в заключительные сутки перед выводом. Автоматический поворот лотков с яйцами осуществлялся каждые 2 часа под углом $\pm 45^\circ$ до 28 суток (для гусей) и до 26 суток (для уток).

Эксперимент был разбит на три основные стадии:

- подготовка и проверка оборудования,
- проведение инкубации с регистрацией параметров,
- анализ результатов и сравнительная обработка данных.

Во избежание межгруппового переноса звуков, инкубаторы с контрольной и опытной группами размещались в изолированных помещениях, а условия микроклимата тщательно контролировались и протоколировались. Все измерения проводились в одни и те же временные интервалы с соблюдением идентичной методики. Полученные данные фиксировались в электронных таблицах с последующей статистической обработкой.

Для реализации задачи звуковой стимуляции эмбрионов водоплавающих птиц в завершающий период инкубации было разработано компактное цифровое устройство на основе микрокомпьютера Raspberry Pi 4 Model B, схема подключения которого показана на рисунке 1. Данный одноплатный компьютер отличается высокой производительностью, энергоэффективностью и широкими возможностями для автоматизации задач воспроизведения аудиосигналов. Ключевые технические характеристики Raspberry Pi 4 включают:

- четырёхъядерный процессор ARM Cortex-A72 с частотой 1.5 ГГц;
- 4 Гб оперативной памяти LPDDR4;
- встроенный аудиовыход 3.5 мм (TRRS);
- операционная система Raspberry Pi OS Lite (на базе Debian);
- поддержка Python, Bash и системных планировщиков задач.

Звуковой сигнал выводился через аналоговый аудиовыход и усиливался с помощью двухканального усилителя класса D, построенного на микросхеме PAM8403. Усилитель обладает низким энергопотреблением, высоким КПД и позволяет подключать маломощные динамики без радиаторов охлаждения. Выходная мощность усилителя составляла до 3 Вт на канал при сопротивлении нагрузки 4 Ом, что было достаточным для чёткого воспроизведения сигнала в объеме инкубационного шкафа.

К усилителю подключались два широкополосных динамика диаметром 52 мм, способных воспроизводить частотный диапазон от 200 Гц до 15 кГц. Это позволяло достоверно передавать как низкочастотные вибрации, имитирующие движения в скорлупе, так и более высокие звуки, то есть голосовые сигналы утки или гуся. Расположение динамиков внутри инкубатора осуществлялось таким образом, чтобы звуковая волна равномерно распространялась по всем ярусам инкубационной камеры.

Акустические сигналы представляли собой аудиофайлы в формате WAV, 44.1 кГц, 16 bit, длительностью 15-20 секунд. В записи включались:

- естественные звуки птенцов (писк, движение в скорлупе),
- позывные голосовые сигналы утки и гусыни,
- фоновый шум инкубатора и контактные сигналы.

Файлы записывались с использованием конденсаторного микрофона в условиях птицефабрики, после чего обрабатывались в редакторе Audacity (удаление шумов,

нормализация, выравнивание по громкости). Итоговый уровень громкости не превышал 65 дБ на расстоянии 30 см, что соответствует природному диапазону звуков, издаваемых птицами.

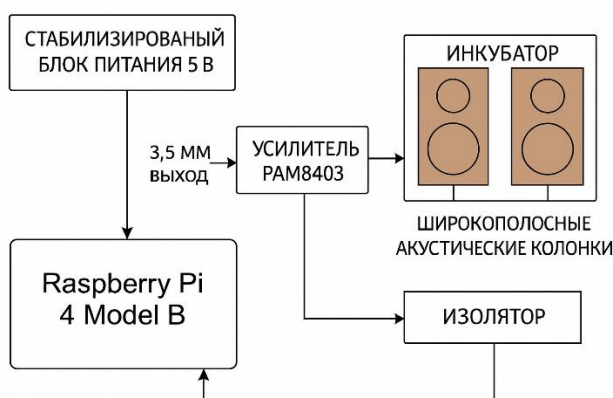


Рисунок 1 - Схема подключения устройства звуковой стимуляции.

Файлы записывались с использованием конденсаторного микрофона в условиях птицефабрики, после чего обрабатывались в редакторе Audacity (удаление шумов, нормализация, выравнивание по громкости). Итоговый уровень громкости не превышал 65 дБ на расстоянии 30 см, что соответствует природному диапазону звуков, издаваемых птицами.

Для питания системы использовался внешний стабилизированный блок 5 В, 3 А с защитой от перегрузки и скачков напряжения. Электрические соединения выполнены при помощи пайки и стандартных соединительных разъемов типа JST и Dupont, что обеспечивало надёжность и удобство монтажа/демонтажа.

Программное обеспечение писалось на языке Python 3.9, рисунок 2, с использованием встроенной аудиосистемы ALSA.

```

import tkinter as tk
import subprocess
import time
import threading

# ==== Путь к звуковому файлу ====
SOUND_FILE = "/home/pi/Desktop/Clicker.wav" # замените при необходимости

is_running = False
countdown_thread = None

def play_sound():
    subprocess.run(["aplay", SOUND_FILE])

def play_loop():
    global is_running
    while is_running:
        play_sound()
        update_status("⏸ Ожидание...")

        try:
            interval = int(interval_entry.get())
        except ValueError:
            update_status("⚠ Неверный интервал!", "red")
            break

        for remaining in range(interval, 0, -1):
            if not is_running:
                break
            update_status(f"⏳ Следующий запуск через {remaining} сек")
            time.sleep(1)

def start():
    global is_running
    if not is_running:
        is_running = True
        threading.Thread(target=play_loop, daemon=True).start()
        update_status("🟢 Воспроизведение активно", "green")

def stop():
    global is_running
    is_running = False
    update_status("🔴 Остановлено", "red")
    
```

Рисунок 2 - Фрагмент программы устройства звуковой симуляции

Скрипт выполнял:

- циклический запуск звуковых файлов формата WAV,
- логирование времени воспроизведения,

- регулирование длительности паузы между циклами (8 секунд),
- аварийное завершение при перегреве/отключении динамика (через watchdog-сервис).

Дополнительно предусматривалась возможность ручного запуска через SSH-доступ, а также интеграция с интерфейсом (рисунок 3).

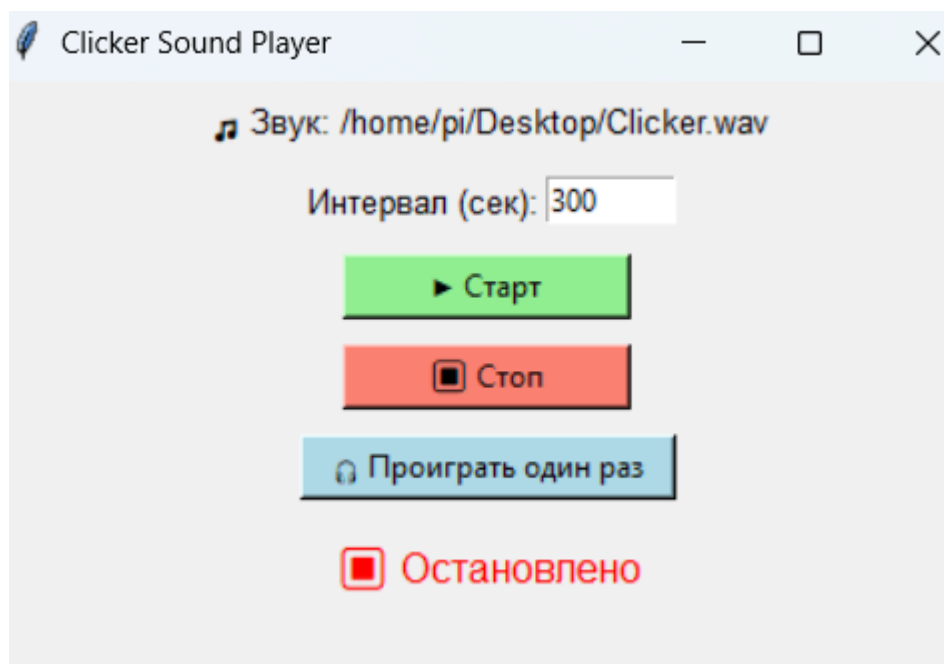


Рисунок 3 - Интерфейс программы звуковой стимуляции

Контрольные и опытные партии инкубировались в инкубаторах модели “ИФХ - 500 Н”, оборудованных цифровыми системами поддержания температуры (37.6 ± 0.1 °C), относительной влажности (55-60 %) и автоматического поворота лотков с яйцами. Особое внимание уделялось последним 48 часам перед началом вывода, когда звуковая стимуляция включалась в опытной группе. Эти двое суток являются критически важными для формирования поведенческой реакции и запуска механизмов наклёва, поэтому именно в этот период осуществлялось звуковое воздействие по заданному алгоритму.

Для объективной оценки эффективности применения звуковой стимуляции в процессе инкубации утиных и гусиных яиц был реализован комплекс морфометрических, поведенческих и количественно-качественных показателей. Все измерения проводились в одно и то же время суток, с применением однотипного оборудования и по заранее утверждённой методике. Анализ осуществлялся по каждой группе (контрольной и опытной) отдельно, с последующим сравнением результатов.

Выводимость рассчитывалась как отношение количества птенцов, успешно вылупившихся из инкубационного яйца, к общему числу заложенных яиц, выраженное в процентах:[1]

$$\text{Выводимость} = \left(\frac{N_{\text{вылупившихся}}}{N_{\text{заложенных}}} \right) \times 100\%$$

Фиксация вывода проводилась каждые 4 часа в течение 48-часового окна, начиная с момента первого наклёва. Дополнительно велась регистрация среднего времени вывода (в часах)-от начала наклёва до момента полного выхода из скорлупы. Также определялся коэффициент синхронности вывода как доля суточного молодняка, вылупившегося в пределах ± 6 часов от модального значения.

Результаты и обсуждение

После завершения инкубации утиных и гусиных яиц нами были получены интересные данные, связанные с выводом суточного молодняка и приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты инкубации утиных и гусиных яиц

Вид птицы	Группа	Кол-во яиц, шт	Вылупилось, гол	Выводимость, (%)	Синхронный вывод, (%)*
Утята	Контрольная	30	23	76.7	52
Утята	Опытная	30	27	90.0	81
Гусята	Контрольная	30	21	70.0	47
Гусята	Опытная	30	26	86.7	77

*Суточный молодняк, вылупившийся в пределах 6 часов от модального времени.

Анализ результатов инкубации показал, что использование звуковой стимуляции привело к увеличению вывода утят на 13.3%, и на 16.7% у гусят, а также значительно повысило синхронность вывода, что особенно важно при крупномасштабном инкубационном производстве.

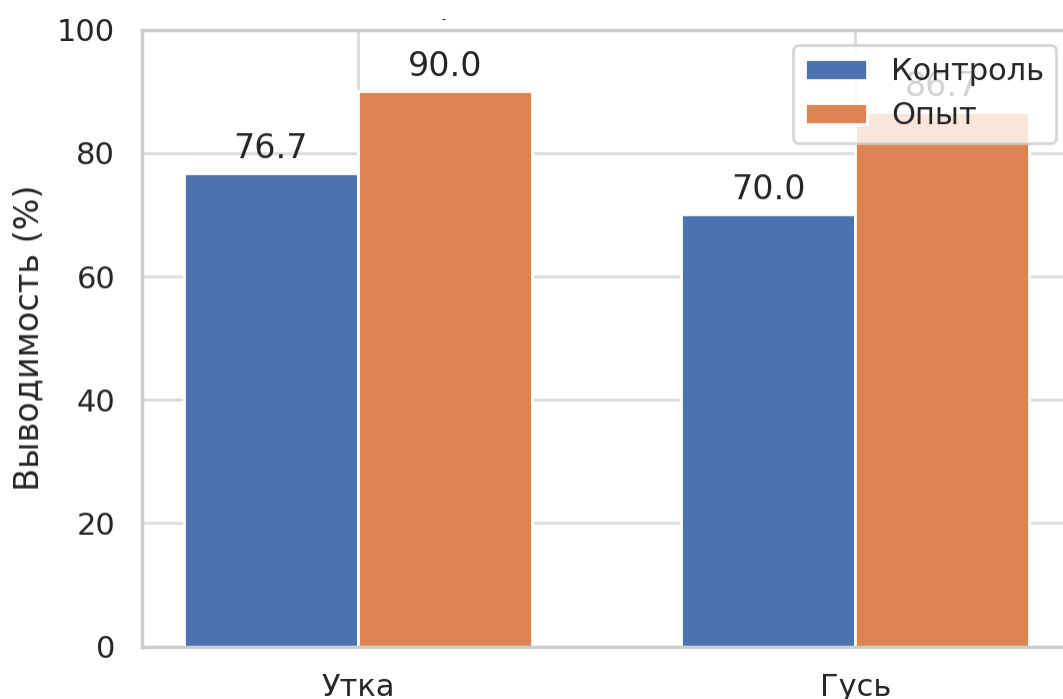


Рисунок 4 - Сравнение вывода утят и гусят между контрольной и опытной группами, %

В нижеприведенной таблице 2 показана активность вывода утят и гусят к концу инкубации.

Таблица 2 – Активность вывода утят и гусят (по 5-балльной оценке)

Вид птицы	Группа	Средний балл активности	Птенцы с 5 баллами, (%)
Утята	Контрольная	3.6	40
Утята	Опытная	4.4	71
Гусята	Контрольная	3.3	35
Гусята	Опытная	4.2	68

Таким образом, использованный звук стимулировал более высокую двигательную активность и раннюю ориентацию молодняка. Эти данные согласуются с результатами ряда зарубежных работ, где аналогичные эффекты наблюдались у цыплят.

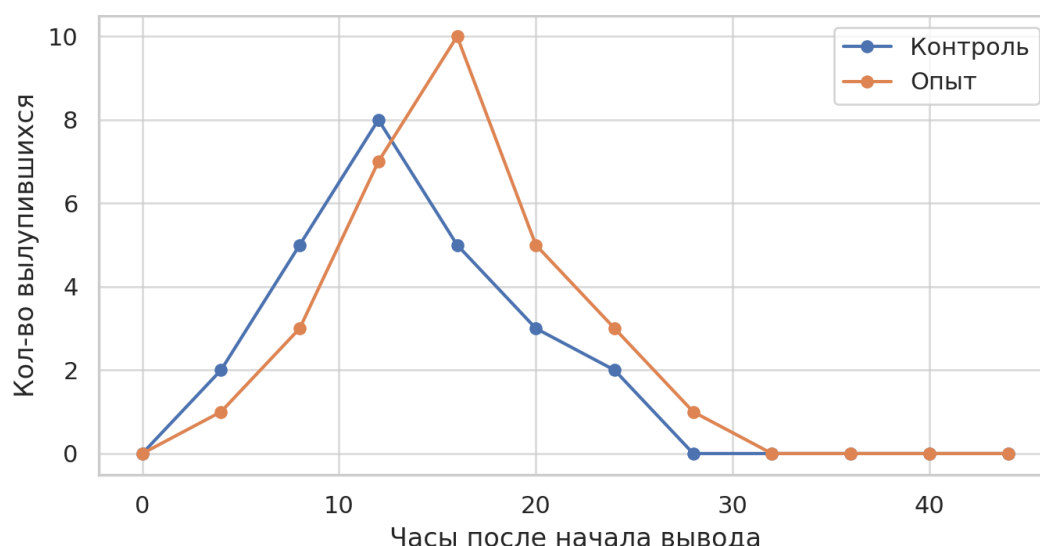


Рисунок 5 - Распределение времени вывода птенцов

Таким образом, полученные данные подтверждают гипотезу о положительном влиянии звуковой стимуляции на процесс вылупления молодняка водоплавающих птиц. В контрольной группе пик вывода приходился на 12–16 часов, с более растянутой кривой и поздним завершением вывода. В опытной группе (с звуковой стимуляцией) наблюдался более ранний пик (8–12 часов) и более выраженная синхронность вывода, что особенно важно при промышленной инкубации. Полученные результаты позволяют сделать заключение, что звуковая стимуляция способствует ускорению и синхронизации процессов вылупления молодняка. Повышение вывода и синхронности, улучшение морфометрических и поведенческих характеристик позволяет рассматривать звуковое воздействие как эффективный биомодулирующий фактор.

Следует отметить, что технология применима при минимальных затратах, проста в тиражировании и может быть внедрена в действующие инкубационные конвейерные линии. При этом важно адаптировать частотные и временные характеристики звукового сигнала под видовую принадлежность и стадию развития.

Выводы

Проведённое исследование продемонстрировало, что применение звуковой стимуляции в завершающей стадии инкубации оказывает значимое положительное влияние на качество и параметры вывода суточного молодняка водоплавающих птиц. Разработанное устройство на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 4 Model B позволило автоматизировать звуковое воздействие и обеспечить его стабильную работу в течение критического периода формирования поведенческих реакций эмбрионов.

Основные выводы исследования:

- В опытной группе наблюдалось увеличение вывода молодняка на 13–17 % по сравнению с контрольной;
- Молодняк, подвергавшийся звуковой стимуляции, характеризовался более высокой морфометрической однородностью и большей средней живой массой;
- Доля активного молодняка с максимальным баллом активности возросла более чем в 1.7 раза;
- Синхронность вывода улучшилась в обоих видах птиц, что снижает нагрузку на персонал и повышает управляемость инкубационным процессом;
- Полученные различия статистически достоверны при уровне значимости $P < 0.05$.

Таким образом, применение звуковой стимуляции, имитирующей естественные звуки, можно рассматривать как эффективное технологическое решение, направленное на оптимизацию вывода молодняка водоплавающей птицы. Предложенная система обладает рядом преимуществ, то есть низкой стоимостью, простотой сборки, возможностью

масштабирования и адаптации под различные видовые особенности птиц. Использование данной технологии в фермерских и промышленных хозяйствах представляется перспективным направлением повышения биологической и экономической эффективности птицеводства.

Благодарность. Авторы выражают благодарность Казахскому национальному аграрному исследовательскому университету за предоставленную возможность проведения исследований. Особая признательность выражается техническому персоналу лаборатории искусственной инкубации за помощь в организации и сопровождении экспериментов.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках научной программы программно-целевого финансирования МСХ РК на 2024–2026 годы, проект BR22887152 «Разработка эффективных способов разведения водоплавающих птиц путем селекционно-технологических методов и информационных технологий».

Список литературы

1. Бессонов, А. С., & Петрова, Л. Н. (2020). Технология производства инкубационного яйца и молодняка птицы (с. 1–312). Москва: КолосС.
2. Гаврилов, В. М., & Егорова, Е. А. (2019). Анатомия и физиология птиц: учебник (с. 1–464). Санкт-Петербург: Лань.
3. Головкин, М. Я., & Куликов, А. Г. (2017). Биотехнология в птицеводстве (с. 1–285). Москва: Агропромиздат.
4. Калашников, А. П., & Шевченко, А. А. (2021). Современные методы повышения выводимости яиц в промышленной инкубации. Вестник сельскохозяйственной науки, (6), 43–47.
5. McFarlane, J. M., & Saunders, C. M. (2021). Acoustic stimulation of avian embryos enhances hatching synchrony and post-hatch performance. Poultry Science, 100(8), 101234. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101234>
6. Lee, H. C., & Park, J. Y. (2019). Effects of pre-hatch auditory stimulation on chick behavior and neurodevelopment. Animal Bioscience, 32(3), 386–393. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0623>
7. Jones, G. P., & Roper, T. J. (1997). Influence of auditory experience on the behavior of domestic chicks. Behavioural Brain Research, 89(2), 293–298.
8. Кайшева, М. Ф., & Исламов, А. Р. (2020). Влияние акустических факторов на развитие птицы. Вестник аграрной науки, (5), 59–64.
9. Абдрахманов, Р. А., & Нагаев, В. И. (2022). Цифровые системы управления в аграрной биоинженерии (с. 1–188). Казань: КГТУ.
10. Гайсин, А. М., & Латыпова, Н. А. (2021). Использование сенсорной стимуляции при инкубации. Научные труды КНИИСХ, 12, 78–83.
11. Dzialowski, E. M., & Sirsat, T. S. (2011). Effects of sound frequency and timing on avian embryonic development. Comparative Biochemistry and Physiology Part A, 160(4), 498–504.
12. ГОСТ 31654–2012. (2012). Продукция птицеводства. Термины и определения.
13. Альпейсов, Ш. А., & Шарипов, Р. И. (2013). Оптимизация температурно-влажностного режима инкубации яиц мускусных уток. Ізденістер – нәтижелер, Поиск-результаты, (4), 3–5.
14. Алиханов, Д. М., Альпейсов, Ш. А., Мустафин, Е. Г., & Молдажанов, А. К. (2013). Обоснование граничных значений параметров отбора инкубационных яиц на автоматизированном устройстве. В Материалы международной научно-практической конференции «Птицеводство Казахстана: проблемы и перспективы развития» (с. 36–42). Алматы.

References

1. Bessonov, A. S., & Petrova, L. N. (2020). Tehnologija proizvodstva inkubacionnogo jajca i molodnjaka pticy (s. 1–312). Moskva: KolosS.

2. Gavrilov, V. M., & Egorova, E. A. (2019). Anatomija i fiziologija ptic: uchebnik (s. 1–464). Sankt-Peterburg: Lan'.
3. Golovko, M. Ja., & Kulikov, A. G. (2017). Biotehnologija v pticevodstve (s. 1–285). Moskva: Agropromizdat.
4. Kalashnikov, A. P., & Shevchenko, A. A. (2021). Sovremennye metody povyshenija vyvodimosti jaic v promyshlennoj inkubacii. Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki, (6), 43–47.
5. McFarlane, J. M., & Saunders, C. M. (2021). Acoustic stimulation of avian embryos enhances hatching synchrony and post-hatch performance. Poultry Science, 100(8), 101234. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101234>
6. Lee, H. C., & Park, J. Y. (2019). Effects of pre-hatch auditory stimulation on chick behavior and neurodevelopment. Animal Bioscience, 32(3), 386–393. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0623>
7. Jones, G. P., & Roper, T. J. (1997). Influence of auditory experience on the behavior of domestic chicks. Behavioural Brain Research, 89(2), 293–298.
8. Kajsheva, M. F., & Islamov, A. R. (2020). Vlijanie akusticheskikh faktorov na razvitie pticy. Vestnik agrarnoj nauki, (5), 59–64.
9. Abdrahmanov, R. A., & Nagaev, V. I. (2022). Cifrovye sistemy upravlenija v agrarnoj bioinzhenerii (s. 1–188). Kazan': KGTU.
10. Gajsin, A. M., & Latypova, N. A. (2021). Ispol'zovanie sensornoj stimuljatsii pri inkubacii. Nauchnye trudy KNIISH, 12, 78–83.
11. Dzialowski, E. M., & Sirsat, T. S. (2011). Effects of sound frequency and timing on avian embryonic development. Comparative Biochemistry and Physiology Part A, 160(4), 498–504.
12. GOST 31654–2012. (2012). Produkcija pticevodstva. Terminy i opredelenija.
13. Al'pejsov, Sh. A., & Sharipov, R. I. (2013). Optimizacija temperaturno-vlazhnostnogo rezhima inkubacii jaic muskusnyh utok. Izdenister – nәtizheler, Poisk-rezul'taty, (4), 3–5.
14. Alihanov, D. M., Al'pejsov, Sh. A., Mustafin, E. G., & Moldazhanov, A. K. (2013). Obosnovanie granichnyh znachenij parametrov otbora inkubacionnyh jaic na avtomatizirovannom ustrojstve. V Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Pticevodstvo Kazahstana: problemy i perspektivy razvitiya» (s. 36–42). Almaty.

**Ш.А. Альпейсов, А.К. Молдажанов, А.Т. Кулмахамбетова, А.А. Азизов,
Ж.М. Өтебаев, Д.А. Зинченко***

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,
bolsheweak@gmail.com**

СУ ҚҰСТАРЫНЫҢ БАЛАПАНДАРЫН ӨСІРУГЕ ДЫБЫСТЫҚ ЫНТАЛАНДЫРУДЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа

Мақалада суда жүзетін құстар — үйректер мен қаздарды инкубациялаудың тиімділігін арттыруға бағытталған Сандық дыбыстық ынталандыру құрылғысын әзірлеу және эксперименттік сынақтан өткізу ұсынылған. Құрылғыны құрудың негізі эмбриогенездің соңғы кезеңдеріндегі, әсіресе инкубацияның соңғы күніндегі акустикалық тітіркендіргіштерге эмбриондардың мінез-құлық сезімталдығы туралы мәліметтер болды. Құрылғы Raspberry Pi 4 Model B Бір тақталы микрокомпьютер негізінде жүзеге асырылады және Қуат күшейткішін, кең жолақты динамиктерді, сондай-ақ табиғи (сықырлау, құс дауысы) және жасанды шыққан дыбыстарды циклдік үзіліссіз ойнатуды қамтамасыз ететін арнайы бағдарламалық құралды қамтиды.

Жұмыстың эксперименттік бөлігі жасанды инкубация зертханасында орындалды. Бақылау және тәжірибелік топтар құрылды, олардың әрқайсысына "Адигель" үйректерінің инкубациялық жұмыртқалары мен линдов тұқымының қаздары кірді. Тәжірибелік топта құрылғы жоспарланған шығарылымнан 48 сағат бұрын іске қосылды, ал бақылау тобы акустикалық әсерсіз классикалық схема бойынша инкубацияланды.

Жүргізілген бағалау шағу уақытын, шығу синхрондылығын, қозғалыс белсенділігінің деңгейін және тәуліктік төлдің морфометриялық көрсеткіштерін талдауды қамтиды.

Нәтижелер көрсеткендей, дыбыстық ынталандыруды қолдану Балапан шығаруды 13-17% - ға арттырады, инкубацияның синхрондылығын арттырады, сонымен қатар белсенді және біртекті жас жануарлардың пайда болуына ықпал етеді.

Әзірленген құрылғы төмен шығындармен, көбеюдің қарапайымдылығымен және құстардың әртүрлі түрлеріне бағдарламалық бейімделу мүмкіндігімен ерекшеленеді. Ол өндірістік және ғылыми мақсаттарда қолданыстағы инкубациялық жүйелерге біріктірілуі мүмкін. Ұсынылған нәтижелер Құс шаруашылығындағы инновациялық биомодуляциялық фактор ретінде акустикалық әсердің тиімділігін растайды.

Кілт сөздер: дыбыстық ынталандыру, Raspberry Pi, суда жүзетін құстар, инкубация, шығу синхрондылығы, шығару, тәуліктік балапан.

**Sh.A. Alpeisov, A.K. Moldazhanov, A.T. Kulmakhambetova, A.A. Azizov,
Zh.M. Otebayev, D.A. Zinchenko***

*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,
bolsheweak@gmail.com**

THE INFLUENCE OF ACOUSTIC STIMULATION ON THE HATCHING OF WATERFOWL CHICKS

Abstract

The article presents the development and experimental testing of a digital sound stimulation device aimed at increasing the efficiency of incubation of waterfowl - ducks and geese. The basis for creating the device was data on the behavioral sensitivity of embryos to acoustic stimuli in the late stages of embryogenesis, especially in the last day of incubation. The device is implemented on the basis of a single-board microcomputer Raspberry Pi 4 Model B and includes a power amplifier, broadband speakers, and specialized software that provides cyclic intermittent reproduction of sounds of both natural (squeak, voice of the parent bird) and artificial origin. The experimental part of the work was carried out in the conditions of the artificial incubation laboratory. Control and experimental groups were formed, each of which included hatching eggs of ducks of the Adigel breed and geese of the Lindovskaya breed. In the experimental group, the device was activated 48 hours before the expected hatching, while the control group was incubated according to the classical scheme without acoustic effects.

The assessment included an analysis of the hatching time, hatching synchronicity, motor activity level and morphometric parameters of daily young animals. The results showed that the use of sound stimulation increases hatchability by 13-17%, increases hatching synchronicity, and also contributes to the formation of more active and uniform young animals by weight.

The developed device is characterized by low cost, ease of reproduction and the possibility of software adaptation for various bird species. It can be integrated into existing incubation systems for both production and scientific purposes. The presented results confirm the effectiveness of acoustic impact as an innovative biomodulating factor in poultry farming.

Key words: acoustic stimulation, Raspberry Pi, waterfowl, incubation, hatching synchrony, hatching, day-old chicks.

Вклад авторов

Ш.А. Альпейсов: первоначальное написание статьи, методология

А.К. Молдажанов: обзор и редактирование, администрирование

А.Т. Кулмахамбетова: приобретение финансирования, ресурсы

А.А. Азизов: концептуализация, курирование данных

Ж.М. Отебаев: формальный анализ, редактирование

Д.А. Зинченко: визуализация, программное обеспечение