

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

На правах рукописи

Чимидов Шиняка Юрьевич



ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ЯИЧНЫХ ПОРОД КУР

4.2.5. – Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Щербатов Вячеслав Иванович

Краснодар – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 История изучения циркадных ритмов	8
1.2 Эндогенные суточные ритмы кур	16
1.3 Влияние физических факторов на биологические ритмы птицы	22
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	30
2.1 Объект и условия исследований.....	30
2.2 Методы исследований	30
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	34
3.1 Время формирования яиц, как новый признак селекции кур	34
3.2 Оценка признака «время формирования яиц» по результатам яйценоскости	47
3.3 Влияние циркадных ритмов на циклы и интервалы яйцекладки несушек....	54
3.4 Способ отбора кур по рангам интенсивности яйценоскости	63
3.5 Способ раннего прогнозирования яйценоскости кур	70
3.6 Морфологические показатели яиц при разных периодах циркадного ритма	75
3.7 Биохимические показатели крови кур.....	82
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОРА КУР ПО ПРИЗНАКУ ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ ЯИЦ	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	92
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	94
ПРИЛОЖЕНИЯ	116

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Яичное и мясное птицеводство наиболее динамично развивающееся направление отрасли животноводства АПК России. Производство яиц и мяса птицы на 100 % обеспечивает потребность в населения страны в белках животного происхождения. В общей структуре производства мяса животных птица занимает более 47 %.

В 2025 г произведено 48,6 млрд шт. яиц, превышая рекомендуемую душевую норму потребления.

Во исполнение указа президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» Минсельхоз планирует увеличить производство мяса птицы до 8,7 млн т, и до 49,1 млрд яиц путем внедрения собственной селекции и создания конкурентноспособных кроссов птицы. В тоже время генетический прогресс по яйценоскости и массе яиц в линиях яичной птицы, и скорости роста цыплят мясных пород птицы с применением классических методов селекции уже достиг биологического плато [6]. Другие исследователи утверждают, что преодолеть плато яйценоскости современными методами селекции не представляется возможным [14]. Годовая яйценоскость современных яичных кроссов кур достигает 330–350 шт. яиц [2, 26].

Физиологическим пределом яичной продуктивности считается 100 % интенсивность яйценоскости несушек. Однако, 100 % яйценоскость в настоящее время можно получить только в пиковые периоды яйцекладки птицы [74].

В последние годы внимание исследователей сосредоточено на разработке новых приемов селекции, способствующих повышению яйценоскости птицы, продлению продуктивного долголетия, совершенствованию технологий содержания для более полной реализации генетического потенциала яичных кур.

Одним из перспективных способов повышения продуктивности является селекция птицы, основанная на использовании закономерностей проявления продукционных процессов в циркадном ритме. Основным регулятором суточных ритмов для большинства животных на Земле является чередование света и

темноты, связанных с вращением Земли. В то же время все живые организмы имеют свои, эволюционно приобретенные эндогенные, генетически детерминированные циркадные ритмы с периодичностью, отличающейся от 24-часового периода. Эндогенные ритмы кур по данным исследований короче, чем земные сутки.

Повышение яйценоскости несушек, более полная реализация их генетического потенциала продуктивности возможно через разработку новых технологий при ее содержании и прежде всего через создание новых световых программ с периодами соответствующим эндогенным ритмам птицы. Второе направление – отбор кур с желательным генотипом по времени проявления эндогенного ритма яйцекладки.

В связи с этим, исследование биологических ритмов яйцекладки кур, их связей с другими продуктивными ритмами и разработка новых приемов отбора высокопродуктивных несушек являются актуальными.

Степень разработанности темы. Изучением циркадных ритмов двигательной, кормовой активности, а также влияние суточной периодичности на продуктивность птицы занимались, как российские, так и зарубежные ученые: Щербатов В. И. (1994–2026), Зотов М. Ф. (2011), Андреев Д. С. (2009), Шкуро А. Г. (2020), Шкуро О. А. (2024), Aschoff J. (1954–1955), Petré T. (1955), Hoffmann K. (1960), Shanawany M. M. (1982), Ebihara S. (1984), Koelkebeck K. W., Biellier H. V. (1986), Hanlon C. (2017), Lee J. et al. (2025), Li C., Shu H., Gu X. (2025), Wang X. et al. (2026) и многие другие.

Ранее изучалось влияние физических факторов среды, таких как длина фотопериода, освещенность, длина спектра света, температура, кормление на циркадный ритм двигательной и кормовой активности птицы, продуктивность, и здоровье.

Цель и задачи исследования. Цель исследований – разработать новые приемы селекции яйценоских пород и линий кур на базе циркадных ритмов.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- определить зависимость яйценоскости несушек от времени формирования яиц при использовании циркадных ритмов с периодами 24, 23,25 и 22,5 ч;
- разработать новые способы отбора кур, способствующие повышению яйценоскости, на основе признака времени формирования яиц при разных периодах циркадного ритма;
- разработать способ раннего прогнозирования яичной продуктивности птицы;
- определить экономическую эффективность способов отбора.

Научная новизна. Впервые разработаны световые режимы с периодами 23,25 и 22,5 ч согласованные с эндогенными ритмами кур. Впервые предложен новый признак селекции по времени формирования яиц в яйцеводе и способы раннего прогнозирования яйценоскости несушек. Научная новизна подтверждается патентами на изобретения: РФ № 2797424, РФ № 2818235.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что основные выводы и положения работы углубляют теоретическую базу для совершенствования способа раннего прогнозирования и отбора с целью повышения яйценоскости кур. Разработаны новые приемы повышения яйценоскости несушек с использованием нового признака селекции – время формирования яиц. Результаты отбора позволяют повысить яйценоскость птицы свыше 100 % за продуктивный период. Установлена высокая корреляционная зависимость признака «время формирования яиц» с продолжительностью и количеством циклов и интервалов яйцекладки и яйценоскостью за продуктивный период.

Результаты исследований могут быть применены на практике в селекции высокопродуктивных пород и кроссов кур.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологической основой для постановки цели и задач исследований явились научные положения отечественных и зарубежных авторов в области генетики, поведения, хронобиологии, и разработки методов повышения

воспроизводительных и продуктивных качеств, жизнеспособности и повышения биологических резервов сельскохозяйственной птицы.

Для достижения цели и выполнения поставленных задач использовали зоотехнические, биохимические, экономические и биометрические методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- яйценоскость кур зависит от времени формирования яиц и периода циркадного ритма; период ритма 23,25 ч успешнее всего согласуется с биологическими ритмами яйцекладки кур и повышает яйценоскость;
- способы отбора кур по признаку времени формирования яиц позволяют повысить яйценоскость на среднюю несушку при циркадных ритмах 23,25 ч до 372 шт. яиц, при циркадных ритмах 22,5 ч до 378 шт. яиц за год;
- раннее прогнозирование яйценоскости кур по интенсивности яйценоскости в диапазоне 101,0–106,6 % за 4 мес яйцекладки позволяет отбирать высокопродуктивную птицу с продуктивностью за 12 мес – 370 шт. яиц;
- экономическая эффективность отбора кур по времени формирования яиц с циркадными ритмами 23,25 и 22,5 ч способствует повышению рентабельности на 8,7 и 10,7 % в сравнении с 24-часовым традиционным режимом.

Степень достоверности и апробация результатов. Исследования были проведены с использованием современных методик и специализированного оборудования в лаборатории птицеводства кафедры разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ им. И. Т. Трубилина. Апробация и внедрение основных результатов научных исследований в производство проводились в АО ППЗ «Лабинский» в Краснодарском крае.

Научные выводы основаны на анализе и обработке данных с использованием методов вариационной статистики, что позволяет подтвердить степень достоверности полученных результатов и обеспечить повторяемость и объективность исследований.

Основные материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на научных конференциях в 2022–2026 гг (ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева).

Публикация результатов исследования. Основные положения научной квалификационной работы опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 3 статьи, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Получено 2 патента на изобретение (№ 2797424, № 2818235).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, материала и методики исследований, результатов исследований, экономической части, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Работа изложена на 120 страницах компьютерного текста. Содержит 27 таблиц, 14 рисунков. Список литературных источников включает 215 наименований, включая 182 иностранных.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 История изучения циркадных ритмов

Вращение Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца вызвало две фундаментальные периодичности – суточную и годовую. Все живое адаптировалось к этим циклам, что обусловило эволюцию врожденных механизмов синхронизации внутренних ритмов с циклическими изменениями, такими как смена дня и ночи, сезонность [136]. На протяжении более трех миллиардов лет жизнь на Земле развивалась и приспосабливалась, передавая генетическую информацию через поколения. Адаптация к вращению планеты привела к появлению циркадных ритмов, эволюционировавших, из колебаний с самыми разнообразными периодами [20, 24].

Циркадные ритмы представляют собой эволюционно сформировавшиеся приспособление, позволяющее живым организмам точно измерять время и синхронизировать с ними скорость биологических процессов. Синхронизация циркадных ритмов живых организмов с периодическими изменениями внешней среды позволяет адаптироваться к сезонным изменениям, находить места для размножения, пищи и т.д. Способность ориентироваться определяется работой внутренних биологических ритмов [24].

Одни из первых документальных наблюдений явлений суточной периодичности принадлежат Аристотелю и его ученику Треофрасту. В своем труде «История животных» Аристотель описал суточную активность пчел [107]. Треофаст в «Исследованиях о растениях» отмечал периодические движения листьев и цветов. Эти описания можно отнести к первым задокументированным свидетельствам биологической периодичности, в дальнейшем ставшим объектом науки [3].

В истории изучения суточной периодичности отмечен знаменитый эксперимент астронома Жана Жака де Марана (1729 г). В своей работе «О ботанических наблюдениях» ученый описывает движения листьев мимозы

(*Mimosa pudica*) в полной темноте, в основном с такой же периодичностью, как и у растений в условиях нормального чередования света и темноты [77, 117, 146].

В 1758 г Анри Луи Дюамель дю Монсо основоположник современной агрономии и лесного хозяйства подтверждает наблюдения Жана Жака де Марана опытами. В своем труде «*La physique des arbres*» он подробно описывает как листья и ветви меняют свое положение в течение суток, и ставит вопрос о причинах этого явления [82].

Уже в 1759 г Иоганн Готтфрид Цинн также обнаружил, что характерный для растений суточный ритм может продолжаться и в отсутствии чередования света и темноты или высокой и низкой температуры [58, 215].

Французский ботаник и систематик Огюстен Пирам Декандоль продолжил уже в XIX веке изучать суточную периодичность растений. Как и его предшественник Жан Жак де Маран он выбрал объектом своего исследования мимозу стыдливую (*Mimosa pudica*). Наблюдая за растениями, выращенными в условиях постоянной темноты, постоянной освещенности и с разным фотопериодом, Декандоль пришел к заключению о существовании внутренней, присущей растениям тенденции осуществлять периодические движения [63].

С его заключениями согласились выдающиеся ученые того времени, такие как Анри Дютроше, Юлиус фон Сакс, Вильгельм Пфеффер. Юлиусу фон Саксу (1859) удалось путем экспериментальных исследований выявить, что эндогенные суточные ритмы помимо периодических движений листьев контролируют и множество других физиологических свойств [176]. Со слов Бюннига: «Саксу первому удалось разделить часы и их стрелки». Ученик Сакса Вильгельм Пфеффер (1875) опубликовал большое количество работ о суточной периодичности растений и его регуляции светом, температурой и другими факторами [165]. Также он один из первых начал применять точные физико-химические методы в области физиологии растений и изучения суточной периодичности.

Изучения периодичности суточных ритмов на животных начались немного позднее. Из работ Александра Кизеля (1894) было выяснено, что миграция

пигмента у членистоногих продолжается и в отсутствие чередования света и темноты [121]. Позже Август Форель (1910) высказал предположение о наличии временной памяти у пчел [85]. Толчком к более интенсивному изучению этого явления послужили исследования Эрика Форсгрена (1928) о ритмах изменения гликогена в печени [86], Ингеборга Белинга (1929) и Ханса Кальмуса (1935), которые доказали, что «временная память» у пчел имеет эндогенную природу [59, 120]. Бремер (1926) изучал суточную периодичность вылета насекомых из куколок, он показал, что если поместить куколок в постоянные условия темноты или освещенности, то ритм вылупления сохраняется [64].

Антония Клейхонте (1929–1932) провела ряд опытов, которые окончательно подтвердили циркадный ритм как эндогенное свойство растений. Также она доказала, что короткие световые сигналы в темный период времени могут сдвигать фазу ритма, в зависимости в какой момент был включен свет [124, 125]. С исследованиями Клейхонте можно закончить период изучения концепции эндогенных часов, и перейти к фундаментальным исследованиям изучения циркадных ритмов.

В начале XX в ученые рассматривали постоянные суточные колебания как один из видов модификаций живых организмов. В это время Э. Бюннинг, О. Парк, Дж. Г. Келлер, Э. Хорстманн, а также О. Валь, обнаружили способность как растений, так и животных сохранять суточную периодичность приблизительно равную 24-м часам, после изменения соотношения длины света и темноты, при постоянном выдерживании на свету, или в полной темноте. Также эти исследования показали, что суточная периодичность может сохраняться в поколениях [67, 114, 162, 198]. Хотя, о наследственной природе суточной периодичности упоминал еще Чарльз Дарвин, в этот период ученым пришлось решать проблему генетических аспектов суточных ритмов [76].

Бюннинг Э. в 1935 г ставит вопрос о роли периодичности как фактора естественного отбора после того, как было выяснено, что суточные ритмы являются не только фактором изменчивости, но и передаются по наследству [67]. Вместе с тем отдельные исследователи проводят эксперименты, пытаясь выяснить

действительно ли суточные ритмы имеют наследственную основу, либо периодичность у организмов возникает на ранних этапах эмбриогенеза за счет факторов внешней среды [109, 162].

В других опытах были попытки изменить продолжительность суточной периодичности на ранних этапах развития организма путем изменения внешних факторов среды [47, 109, 125]. Работы ряда исследователей показали, что даже после воздействия измененного фотопериода эндогенные ритмы организмов сохраняют способность поддерживать нормальную суточную периодичность [67, 114, 162, 198]. В опытах на самых разных живых системах от насекомых и растений до птиц и млекопитающих, было установлено, что суточные ритмы устойчивы к внешним воздействиям и передаются из поколения в поколение [67, 68, 106, 108]. Даже при изменении фотопериода, в условиях постоянного света и темноты, а также на стадиях роста и метаморфоза ритмы не нарушаются. Из многочисленных экспериментов выяснилось, что продолжительность циклов живых организмов находится в пределах от 22 до 28 ч, при этом различия носят не только видовую, но и индивидуальную особенность и воспроизводятся в потомстве на протяжении многих поколений [43, 51, 66, 131].

Одними из первых попыток определения расположения «механизма» эндогенных часов были приняты в опытах Ж. Харкер (1956). Экспериментально на тараканах была доказана связь эндокринной системы с ритмом двигательной активности, путем выделения секрета из подглоточного ганглия [104]. Позже К. С. Питтендри (1968) доказал, что управляющий ритмом «механизм» находится в головном мозге [156].

Существенный вклад в изучение экзогенной и эндогенной природы циркадных ритмов внес ученый из института физиологии поведения имени Макса Планка – Юрген Ашофф. Он определил зависимость периода циркадного ритма от уровня освещенности при постоянных условиях среды [40, 43, 46, 50]. На основе собственных наблюдений и анализа данных других исследований было выдвинуто предположение, что с повышением уровня освещенности продолжительность циркадного периода у дневных животных возрастает, а у ночных сокращается.

Данная закономерность, не опровергнутая до настоящего времени, вошла в науку как «правило Ашоффа» [42, 44]. В работах Ашоффа и Вивера (1967) впервые было описано, что продолжительность циркадного ритма человека приблизительно равно 25 ч [46].

К. Питтендрай (1957) занимался моделями биологических ритмов, совместно со своим коллегой Брюсом предложил двухосцилляторную модель ритмов у плодовых мушек [166, 167]. Ученые предположили, что наблюдаемые ритмы вылета плодовых мушек управляется не одним, а двумя взаимосвязанными осцилляторами. Один из них задающий ритм, а второй ведомый. К подобной двухосцилляторной схеме пришла и другой ученый Ж. Харкер (1960), изучавшая ритм активности тараканов [105]. Позже в изучение природы циркадных ритмов К. Питтендрай пришел к многоосцилляторной системе циркадной организации ритмов. Но он не первый это сделал, до него Ф. Халберг (1959) описывал целую популяцию квазиавтономных колебательных систем [97].

Накопленный экспериментальный материал о циркадных системах ставит вопрос о том, каким образом регулируется суточная периодичность, где находится главный осциллятор, а где периферические. Халберг Ф. (1957) в своих опытах изучал влияние гуморального и нервного фактора на циркадные ритмы клеточных процессов. Он экспериментально подтвердил, что повреждение супрахиазматического ядра влияет на ритмы изменения эозинофилов в крови, число митозов в клетках эпидермиса и обмена фосфолипидов в печени [98, 99, 100].

В 1972 г был поистине выдающимся годом в хронобиологии, две группы исследователей независимо друг от друга открыли роль супрахиазматического ядра гипоталамуса, который является главным «дирижером» циркадных ритмов у млекопитающих. Исследователи из Чикагского университета Роберт Мур и Виктор Айхлер в ходе эксперимента на крысах установили ключевую роль супрахиазматического ядра в генерации эндокринных циркадных ритмов, подтвердив его значение для нейроэндокринной регуляции [145]. Практически одновременно Фридрих Стефан и Ирвинг Цукер из калифорнийского университета

доказали, что супрахизматическое ядро необходимо для поддержания поведенческих ритмов [189].

Поворотным моментом в истории хронобиологии стало открытие, сделанное в начале 1970-х годов Сеймуром Бензером и Рональдом Конопкой из Калифорнийского технологического института. Исследуя плодовых мушек, обработанных мутагеном, они определили ген, контролирующий циркадные ритмы. Анализ ритмов вылупления и двигательной активности выявил три типа мутантов, аритмичных, а также особей с удлинёнными и укороченными периодами ритма. Все эти мутации локализовались в одном и том же участке хромосомы-X, который был назван – *per* (от *period*). Это открытие впервые доказало, что сложное поведение, как чувство времени, может регулироваться на уровне одного гена [127].

После открытия Конопки и Бензера прошло 13 лет, прежде чем ген *per* удалось выделить и изучить на молекулярном уровне. Это сделали одновременно две независимые группы ученых. Исследователи из университета Брандейса Джеффри К. Холл и Майкл Росбаш (1984) и Майкл Уоррен Янг с соавт. (1984) из Рокфеллеровского университета. Они клонировали и секвенировали ген *per* плодовой мушки *Drosophila melanogaster* [52, 171, 214]. Это событие ознаменовало переход хронобиологии от генетического описания феноменов к молекулярному анализу механизмов биологических часов.

Выделение гена *per* позволило впервые изучить его структуру. Сивики К. К. с коллегами, (1988) используя антитела к белку PER показали, что уровень белка колеблется в течение суток, он высок ночью и низок днем. Эти колебания сохраняются даже в постоянной темноте, что доказывало – белок PER действительно часть «часового механизма» [184].

Пол Хардин, Джеффри Холл и Майкл Росбаш (1990) определили, что белок PER регулирует собственный синтез, замыкая петлю отрицательной обратной связи. Они обнаружили что мРНК гена *per* у плодовых мушек *Drosophila melanogaster* тоже колеблется в течение суток. Но самое главное у аритмичных мушек (*per*⁰) уровень мРНК был постоянно высоким. Это означало что белок PER

подавляет активность собственного гена. Так была открыта петля отрицательной обратной связи – фундаментальный принцип работы всех циркадных часов [103].

Майкл Янг, Джеффри Холл и Майкл Росбаш продолжали исследования, и они начали находить другие детали молекулярного механизма циркадных ритмов. В 1994 г команда Майкла Янга открыла второй важнейший ген – *tim* (*timeless*). Исследователи показали, что белок ТИМ связывается с белком PER и этот комплекс необходим для того, чтобы белок PER мог попасть в ядро клетки и выключить собственный ген. Это объяснило, как замыкается петля обратной связи [148, 180, 196].

В тоже время, когда работы на плодовых мушках *Drosophila melanogaster* продолжались, Джозеф Такаши (1994) совершил прорыв в генетике млекопитающих. Используя трудоемкий метод позиционного клонирования, его команда открыла у мышей ген *Clock*, мутации в котором нарушали ритм [195]. Позже было показано, что белок CLOCK является главным активатором транскрипции генов *tim* и *per* [38, 123].

В 1998 исследовательская группа Майкла Янга идентифицировала ген *dbt* (*double-time*). Оказалось, что он кодирует фермент, который фосфорилирует белок PER, что влияет на его стабильность и, в конечном счете на точную подстройку 24-часового цикла [169].

В период с 2000-х годов по настоящее время – это время, когда фундаментальные открытия молекулярных часов начали приносить плоды в виде понимания того, как эти часы связаны со всеми аспектами физиологии, поведения и здоровья.

В 2000 г Стивен Репперт с коллегами сообщили о клонировании и характеристики семи генов, управляющих работой «головных часов» в мозге мышей и человека. Показали, что у млекопитающих существует сложный механизм обратной связи, белки CLOCK и BMAL1 активируют гены *per* (*period*) и *Cry* (*Cryptochrome*), а когда белки PER и CRY накапливаются, они подавляют активность CLOCK и BMAL1, замыкая цикл. А также упомянули о существовании

других генов, отвечающих за синхронизацию часов, что указало направление для будущих исследований [173].

Одним из первых исследователей кто занимался изучением влияния циркадных ритмов на экспрессию генов и метаболизм был Паоло Сассоне-Корси (2008) [149]. В своих исследованиях он показал, что в ответ на естественный стимул (свет) в СХЯ гипоталамуса происходит быстрая перестройка хроматина, которая позволяет включиться генам, необходимым для подстройки биологических часов [75].

Шаикс А. с коллегами (2014) изучали связь циркадных ритмом с метаболизмом и питанием. В исследованиях на мышах они определили, что кормление в определенные часы предотвращает ожирение и диабет, даже при одинаковом уровне калорийности пищи в исследуемых группах [72]. Исследование подчеркивает фундаментальную роль циркадных часов в физиологии.

В 2017 г Джефффри Холл, Майкл Росбаш и Майкл Янг получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине за открытие молекулярных механизмов, контролирующих циркадный ритм. Хотя их ключевые исследования были проведены в 1980–1990 гг, именно в 2000-е годы значение этих работ было полностью осознано.

Прошло уже много времени, когда еще в 1880 г основоположник эволюционной биологии и автор теории естественного отбора Чарльз Дарвин, в переписке с немецким ботаником Вильгельмом Фредериком Пфеффером предполагал, что суточная периодичность является в какой-то степени внутренним свойством организма [76], однако он никогда не утверждал, что эндогенный суточный ритм может служить фактором естественного отбора [24]. Но уже в 1932 г Эрвин Бюнниг высказал мысль что совпадение суточной периодичности растений с ритмом, обусловленными внешними факторами, представляется как способность эндогенного суточного ритма растений подвергаться отбору [67].

Наследственная природа эндогенных суточных ритмов в настоящее время не вызывает сомнений. В лабораторных условиях были выведены линии плодовых мушек, мышей, крыс у которых период эндогенного ритма устойчиво отличался от

24 ч [127]. Отбор проводился в условиях постоянного освещения или темноты, а также при искусственных циклах среды с длительностью суток более или менее 24 ч.

Полученные результаты позволяют использовать в качестве селекционного фона не только фактор освещенности, но и суточную периодичность. В отечественной науке, в частности в промышленном птицеводстве, пионером в применении циркадных ритмов для повышения продуктивности птицы, а также отборе особей в условиях измененной периодичности стал Щербатов В. И [1, 15, 21, 31, 32, 33].

Есть основание утверждать, что, подстройка внешних факторов среды, отвечающих эндогенным биологическим ритмами птицы, позволит им реализовать свой потенциал продуктивности. Для этого необходимо нивелировать расхождение хода внутренних и внешних периодических процессов.

1.2 Эндогенные суточные ритмы кур

Под циркадными ритмами понимают такие биологические ритмы, у которых период суточного ритма приблизительно равен периоду вращения Земли [98, 100]. Такие ритмы Халберг назвал циркадными ритмами, т.е ритмами, период которых близок к 24 ч. Знаменательно что впервые описал суточную периодичность астроном де Мэран (1729), которого особенно интересовало вращение Земли вокруг своей оси. Однако Земля не всегда совершала оборот вокруг своей оси за 24 ч. В начале возникновения организмов с оформленным ядром в докембрийский период скорость вращения Земли составляла приблизительно 19 ч [143, 175]. В поздний докембрий около 600 млн лет назад скорость вращения Земли достигла 21 ч [53, 202]. А в неопротерозойскую эру по данным Стивенсона Ф.Р. и соавт. (2016) Земля вращалась со скоростью приблизительно равной 22 ч [190]. В мезозойскую эру в эпоху динозавров продолжительность суток составляла 23,0–23,5 ч [79, 116].

Примечательно, что период свободнотекущих циркадных ритмов варьируется в пределах 22–28 ч в зависимости от видовой принадлежности, таксономической группы, и географической широты обитания организмов [47, 51,

66, 110, 111, 131]. Накопленный экспериментальный материал об изучение суточной периодичности птиц показывает, что период суток не всегда равен 24 ч.

Юрген Ашофф (1954) изучал двигательную активность цыплят при непрерывном освещении постоянных условиях среды сразу же после вылупления. Длительность периода у цыплят составила 25–25,5 ч [47]. Кроме того, Петрен Т. (1955) исследовал ритмы содержания гликогена в печени у куриного зародыша за 7 дн до вылупления, он обнаружил разложение общего ритма на отдельные колебания, продолжительность ритма отдельных эмбрионов составляла около 8 ч [164]. Но сразу же после вылупления суточные циклы активности печени становились приблизительно равными 24 ч.

Также Ашофф Ю. (1955) исследовал длительность суточного периода активности зябликов в условиях непрерывного освещения при различных значениях освещенности. Период суточной периодичности варьировал от 20,6 до 25,0 ч. Однако в условиях чередования света 12 ч и темноты 12 ч ритм активности зябликов был равен 24 ч [45]. В его исследованиях на зеленушках, выдерживаемых в условиях искусственного светового 24-часового дня с 10, 8 6 и 4-часовым светлым периодом суток, птицы начинают и прекращают свою активность точно при включении и выключении света [48].

Это некоторые примеры синхронизации эндогенных биологических ритмов с периодическими изменениями внешней среды, а именно чередованием света и темноты периодом равным 24 ч.

В научном сообществе существует популярное мнение, то, что период формирования яиц составляет у кур – 24 ч [8, 33, 56]. С этим невозможно не согласиться, так как в промышленном птицеводстве используют световые режимы с периодичностью 24 ч. Однако известно, что при разнице внутреннего ритма и внешнего периода при синхронизации возникает разность фаз [49]. Наиболее подходящим способом изучения суточной периодичности кур является определение периода формирования яиц, так как данный период отражает согласованность эндогенных ритмов с продолжительностью суток.

В исследованиях Щербатова В. И. было выявлено что в условиях 24-часового суточного периода несушки яичного кросса Ломанн Браун ежедневно сдвигали фазу яйцекладки на 1–2 мин относительно внешнего периода. За точку отчета внешнего синхронизирующего фактора взято время включения освещения в помещении (вкл. – 4:00), за точку отчета эндогенного ритма птицы взято время снесения яиц. Несушки прерывали яйцекладку, когда фаза яйцекладки достигала времени максимально близкого к времени включения освещения. Если продолжительность внешнего ритма (продолжительность суток) превышает длительность эндогенного ритма, происходит рассогласование фаз, что со временем приводит к прерыванию цикла яйцекладки [21, 23, 32, 33].

Доказательством того, что внутренние суточные ритмы птицы не превышают 24-часовой суточный период, служат опыты в изоляции от внешних факторов. Когда птиц лишали внешних синхронизаторов ритма (привычного чередования света и темноты), их суточная периодичность отличалась от 24 ч.

В опытах со скворцами Hoffmann K. (1960) показал, что в условиях непрерывного освещения общая активность птицы зависела от уровня освещенности. При освещенности 65 лк период суточного ритма скворцов составлял – 22,5 ч, а при освещенности 7,5 лк период был равен – 23,5 ч, при очень низкой освещенности 0,6 лк период составлял – 24,3 ч [112]. Подобные результаты были получены Aschoff J. (1954) на зябликах, в его исследованиях было выявлено, что высокий уровень освещенности, укорачивал период двигательной активности птицы. Так при освещенности 100 лк период был приблизительно равен – 22,0 ч, а при 0,5 лк – 25,0 ч [45]. Из этого следует, что при постоянной освещенности суточный ритм птицы оказывается короче 24 ч, а при постоянной темноте длиннее.

Еще одно значимое исследование провели исследователи Ebihara S. с коллегами (1984). Они содержали голубей в условиях постоянного тусклого света, средний период ритма активности которых составлял 23,45 ч. Их внутренние часы немного «спешили», заставляя птиц начинать двигательную активность немного раньше относительно 24-часового периода. После того как птице удалили эпифиз период двигательной активности голубей варьировал от 22,8 до 24,06 ч [83].

В естественной среде обитания возникают условия, когда птицы оказываются при круглосуточном освещении. Например, Steiger S. S. с коллегами (2013) определил, что во время полярного дня у некоторых мигрирующих видов птиц регистрируются циклы активности, отклоняющиеся от стандартных 24 ч. Так, у малого песочника (*Calidris pusilla*) продолжительность периода активности варьировала от 21 до 29 ч. Еще более интересен пример самки песочника-красношейки (*Calidris ruficollis*), в сезон размножения у них наблюдается полное отсутствие циркадных ритмов двигательной активности [187].

Также существует исследования, где птицу содержали в искусственно созданных суточных циклах отличных от 24-часового дня. Koelkebeck K. W., Biellier H. V. (1986) сравнивали как разные отличные от 24-часового суточного периода световые режимы освещения влияли на яйценоскость, массу яиц и качество скорлупы. В ходе исследования они изучали влияние длинных и коротких суточных циклов на яичную продуктивность двух линий кур породы Белый Леггорн. Одну из них на протяжении 15 поколений селекционировали на высокую яйценоскость при световом режиме 23-часового суточного цикла (опытная группа). В начале яйцекладки для обеих групп использовали световой режим с 26-часовым суточным циклом, постепенно сокращая до 23 ч.

Было установлено, что содержание опытной группы в 26-часовом суточном цикле подавляло раннюю яйценоскость несушек, тогда как при 23-часовом периоде яйценоскость возрастала. Для контрольной группы эффект был противоположным. Куры селекционированные в условиях 23-часового периода суток, гораздо сильнее реагировали на удлиненные (26 ч) циклы, так и на короткие (23 ч) [126].

Исходя из результатов многих исследований, использование длинных суточных циклов (свыше 24 ч) положительно влияет на качество яиц [138, 183]. В частности, в работе Лю К. с соавтр. (2025) было установлено, что при 28-часовом суточном цикле у кур наблюдается увеличение массы яиц, а также повышение прочности и толщины скорлупы. Показатели оказались выше на 11,4 %, 6,23 % и 6,25 % соответственно по сравнению с несушками содержащиеся при стандартном 24-часовом режиме освещения [138].

Вопрос влияния световых режимов отличных от 24-часового, изучался и на индейках. Сиопс Т. Д. (1997) изучал влияние суточных циклов на яичную продуктивность от 21 до 30 ч, и выявил что крайние значения (21 и 30 ч) приводят к ухудшению качества яиц и снижению яйценоскости. Наиболее эффективными оказались световые режимы с циклами от 23 до 28 ч [183].

Однако, оценка 28-часового светового режима в научной среде неоднозначна. Если Нордстром Д. О. (1983) зафиксировал при таком световом режиме небольшое снижение яйценоскости [157], то Лисон С. (1979), напротив отмечал увеличение массы яиц без снижения яйценоскости [130].

Многочисленные исследования световых режимов в диапазоне от 23 до 28 ч, свидетельствуют о том, что синхронизация яйцекладки птицы, в частности кур возможна при суточных циклах отличных от 24 ч. Примечательно, что использование таких режимов в ряде случаев позволяет не только сохранить яйценоскость, или допуская незначительное ее снижение, но и добиться улучшения морфометрических показателей яиц [118, 119, 181, 206].

Имеются данные, свидетельствующие о том, что суточный ритм яйцекладки, а именно продолжительность формирования яиц может существенно отличаться от 24 ч даже в условиях постоянного 24-часового светового дня. Так, по наблюдениям А. Ш. Кавтарашвили (2023), этот процесс у кур может занимать от 22,5 до 26,2 ч [7, 8]. Штеле А. Л. (2011) указывает что время нахождения яйца в яйцеводе обычно составляет от 23 до 26 ч [25]. Данные сведения отмечаются и у других исследователей [161, 177].

Таким образом, анализ приведенных результатов исследований многих ученых позволяет заключить, что ритмы яйцекладки успешно подстраиваются под внешние период (чередование света и темноты) продолжительностью от 23 до 28 ч. При этом время формирования яиц зависит от эндогенного ритма, который с разной степенью успешности согласуется с периодом экзогенного ритма.

Для того чтобы определить эндогенный период наблюдаемой периодичности у птицы необходимо исключить все внешние синхронизирующие факторы такие как чередование света и темноты, одиночные световые сигналы, разовое

повышение или снижение интенсивности освещения, и даже время кормления [24, 46].

Исследования по изучению суточной периодичности птицы в условиях постоянного нормального освещения показали, что свободотекущий ритм двигательной активности всегда меньше 24 ч и находится в диапазоне от 22,5 до 23,5 ч [45, 83, 112].

Еще одним доказательством того, что эндогенный ритм представителей отряда куриных составляет менее 24 ч, служит эксперимент Гиомарка К. (1994) на японских перепелах (*Coturnix japonica*). Так в ходе исследования кастрированные самцы содержались в постоянной темноте в течение семи месяцев. Для имитации процессов, происходящих при половом созревании птицам, имплантировали капсулы с тестостероном, постепенно повышая его концентрацию. Было выявлено что до введения экзогенного тестостерона период кормовой активности птицы составлял 22,5 ч. По мере увеличения уровня тестостерона продолжительность кормовой активности увеличивалась. Автор связывает данное явление с естественными сезонными явлениями в природе, в период размножения повышение тестостерона удлиняет эндогенный ритм, смещая начало кормовой активности. В результате утреннее пение самцов предшествует кормлению, что имеет значение для привлечения самок и синхронизации поведения в брачный сезон [94].

Исследования подтверждают, что суточная ритмика птиц проявляется даже в условиях стандартного 24-часового дня. В частности, Щербатов В. И. выявил, что у высокопродуктивных несушек циркадный ритм яйцекладки составляет 23,25 ч. Ученый объясняет это тем, что эндогенные ритмы кур изначально настроены на цикл короче астрономических суток. Из-за этого несоответствия между внешним и внутренним периодами птицы возникает разность фаз, что проявляется постепенным смещением времени яйцекладки. Ежедневно сдвигаясь на несколько минут к времени включения освещения, фаза яйцекладки доходит до критической точки, а момент предполагаемого снесения яиц приходится на темное время, когда

овуляция невозможна. В итоге несущки берут интервал, и следующий цикл яйцекладки начинается с новой фазы, на два часа позже предыдущей [27, 28].

Такая точка зрения обоснована, поскольку в научной литературе существует обширная база исследований, подтверждающие закономерности, описанные Щербатовым В. И. К примеру, данные исследования Тумовой Э. [192] показывают, что с возрастом куры смещают время яйцекладки на более поздние часы. Это является косвенным подтверждением о рассогласованности внешнего суточного периода и эндогенных ритмов птицы. Согласно наблюдениям Щербатова В. И. каждый последующий цикл яйцекладки после паузы начинается позже предыдущего, что согласуется с возрастной динамикой. Похожая возрастная динамика снесения яиц была получена в исследованиях других ученых, как на яичной, так и мясной птице [212, 213].

Закономерности смещения снесения яиц в цикле, а также зависимость яйценоскости от времени снесения яиц нашли отражение в работах других исследователей [7, 88]. Полученные данные согласуются с исследованиями Щербатова В. И., согласно которым наиболее продуктивные особи показывают лучшую синхронизацию циркадного ритма яйцекладки с внешним периодом и откладывают яйца в утренние часы. А также подтверждают смещение времени снесения яиц к утреннему световому сигналу.

1.3 Влияние физических факторов на биологические ритмы птицы

Эндогенный суточные ритмы организмов подстраиваются под периодические изменения внешней среды, выступающие в роли синхронизаторов. Такие «синхронизаторы» исследователи обозначили как «задающие ритм», «синхронизаторы», «датчики времени», либо «Zeitgeber», «Synchronizers» [41, 45, 101, 200].

Среди физических факторов внешней среды синхронизирующие эндогенные ритмы организма выделяют свет, темноту, температуру, время кормления [4, 200]. Основным фактором синхронизирующим эндогенный ритм птиц является свет [129, 134, 193, 200]. Его продолжительность, интенсивность, спектр (длина

волны, нм) оказывают влияние на физиологическое состояние птицы [4, 93]. Эволюционно сложилось, что птице необходимо определять длину светового дня для двигательной и кормовой активности, миграции, линьки и размножения. Это она осуществляет посредством циркадной системы, которая состоит из сетчатки глаза, шишковидной железы и супрахиазматического ядра гипоталамуса [193, 200].

Восприятие света сетчаткой глаза инициирует преобразование световых сигналов в биологические посредством фоторецепторных клеток. Далее эти сигналы воздействует на нейроэндокринную систему, регулируя тем самым циркадные ритмы организма [150]. У птиц самая сложная система фоторецепторов среди позвоночных, их фоторецепторные клетки делятся на 1 тип палочек и 6 типов колбочек [139]. Колбочки чувствительны к яркому свету, палочки – к тусклому [95]. При этом шишковидная железа и глубокие мозговые фоторецепторы могут синхронизировать эндогенные ритмы птицы с внешними факторами автономно. Исследования показали, что даже после удаления глаз и ослепления птиц ритм сохранялся, так как свет может проникать через тонкие кости черепа и синхронизировать ритм [60, 141, 142].

Главным «дирижером» циркадных ритмов птиц по праву считают эпифиз или шишковидную железу [200]. Эпифиз выделяет гормон мелатонин, который организует циркадные ритмы птиц. На выработку гормона мелатонина в свою очередь влияет продолжительность светового дня, так как уровень мелатонина высок в темное время суток, и низок в светлое [36, 96, 170].

Взаимодействие между эпифизом и супрахиазматическим ядром образуют нейроэндокринную петлю, контролирующую ритмы птицы. Супрахиазматическое ядро подавляет выработку мелатонина в эпифизе и сетчатке в светлое время. В темное время эпифиз выделяет мелатонин и подавляет активность супрахиазматического ядра. Механизм нейроэндокринной петли синхронизирует работу гипоталамо-гипофизарной-гонадной системы [70, 71].

В промышленном птицеводстве используют свет для регуляции полового созревания птицы, снижения каннибализма, повышения продуктивности, оптимизацию кормления, принуждения к линьке [129].

Например, существуют технологически приемы управления периодизацией развития птиц путем изменения фотопериода [35, 73]. Фотопериод – это соотношение светлого и темного времени суток, который синхронизирует внутренние ритмы организма и регулирует выработку гормонов [134, 200].

В естественных условиях обитания, особенно в условиях выраженной сезонности, когда в весеннее время продолжительность светлых суток увеличивается, а в осеннее время идет на сокращение, птица хорошо отличает удлиняющийся день от сокращающегося [4]. Продолжительность светового дня определяет стратегию размножения птиц или выживания. Световой день более 14 ч запускает сигнал для размножения, менее 12 ч к инволюции половых желез [102, 199]. На основе данной закономерности в птицеводстве используют возрастающий световой режим который стимулирует созревание гонад и приближает начало яйцекладки, и убывающий световой режим для задержки полового созревания и принудительной линьке [133, 199, 211].

В яичном птицеводстве для сдерживания полового созревания несушек с целью набора оптимальной живой массы и развития костяка используют световые программы с коротким световым днем 8–10 ч. После достижения оптимальной живой массы птицу подготавливают к яйцекладке путем постепенного увеличения светового периода для запуска репродуктивной системы [57, 73, 200]. Как правило увеличение светового дня происходит в предкладковый период птицы и зависит от вида и направления продуктивности [135, 188].

В бройлерном птицеводстве, напротив используют световые программы для увеличения роста живой массы и конверсии корма [204]. Поскольку выращивание цыплят составляет до 35–42 дн жизни – световой день длится 20–23 ч [1, 69, 140].

Интенсификация птицеводства вызвала ряд проблем, таких как стресс у птицы, заболевание конечностей, обмена веществ и падеж. Согласно научным данным, зачастую эти проблемы возникают из-за продолжительного светового дня, превышающего 18 ч [122, 182]. Поэтому внедрение световых программ с прерывистым освещением в птицеводстве часто стало решением проблемы.

Прерывистые световые режимы условно можно разделить на симметричные – когда сутки разбиты на несколько одинаковых блоков «свет-темнота» (например 3 ч света и 3 ч темноты повторяется 4 раза в сутки), и ассиметричные – в них используют один длинный период (ночь) и несколько коротких периодов темноты (субъективная ночь) разделяющих световой день [7].

Исследования, проведенные на мясной и яичной птице, показывают, что прерывистое освещение благоприятно влияет на продуктивные качества, здоровье и сохранность птицы [153, 122]. Вместе с тем имеется немало противоречивых данных, в которых непрерывное освещение демонстрирует лучшие результаты [89, 159].

На наш взгляд, прерывистое освещение не следует применять при содержании птицы. В природе естественная смена дня и ночи происходит раз сутки, а внезапное затемнение в середине дня на пару часов, а затем резкое включение освещения нарушает биологические ритмы птицы. Известно, что единичный световой или темновой стимул, либо чередование света и темноты сдвигает фазу ритма [4]. Это особенно важно для циркадных ритмов яйцекладки, которые синхронизируются с внешними световыми сигналами периодом около 24 ч. К примеру, в опытах на крысах искусственная смена фотопериода на протяжении двух недель приводила к нарушению эстрального цикла [4, 106]. У яичных кур с их ежедневной овуляцией внешние световые и темновые сигналы в середине дня могут привести к интервалам в цикле яйцекладки.

Фотопериод по праву можно считать основным фактором, синхронизирующим циркадные ритмы птицы. Данная особенность имеет эволюционное объяснение – необходимость реагировать на изменение фотопериода (длины дня) обусловлена потребностью синхронизировать рост и размножение со сменой сезонов года. Сезонные изменения температуры и освещенности представляют собой менее надежные сигналы по сравнению с продолжительностью светового дня [4]. Однако, такие аспекты света как интенсивность освещения и длина волны усиливают этот синхронизирующий фактор [62].

В исследованиях, где убрали синхронизирующий фактор – чередования света и темноты, и заключили птиц в постоянные условия освещения, период их циркадного ритма зависел от интенсивности освещения. Чем ниже был уровень освещенности, тем продолжительнее был период циркадного ритма. Так период циркадного ритма скворцов при уровне освещенности 0,6 лк был равен – 24,3 ч, 7,5 лк – 23,5 ч, 65,0 лк – 22,5 ч [112]. У зябликов период циркадного ритма укорачивался по мере увеличения уровня освещенности [45, 48]. В непрерывной темноте ритм снегирей равен 24 ч, в то время как при постоянном освещении – 22,0 ч [39]. Закономерность – чем выше уровень освещенности, тем короче период циркадного ритма характерен для дневных животных, в то время как у ночных животных наблюдается противоположная тенденция [42, 44].

Сравнение поведения и продуктивности цыплят-бройлеров при уровнях освещенности 6 и 180 лк, показало, что интенсивное освещение (180 лк) стимулировало активность птицы и снижало частоту заболевания ног. При этом интенсивное освещение не ухудшало показатели живой массы и потребления корма относительно цыплят, содержавшимся при освещенности 6 лк [155]. В исследованиях Blatchford R. A (2009) при влиянии трех уровней освещенности – 5, 50 и 200 лк на активность и здоровье цыплят-бройлеров, освещение в 200 лк не оказывало влияние на здоровье и приводила к более выраженным поведенческим ритмам [61].

Аналогичные результаты подтверждаются многими исследованиями, уровень освещенности влияет на ритм двигательной активности цыплят-бройлеров и здоровье птицы [61, 128, 201].

Результаты многих работ показали, что при интенсивности освещения в диапазоне 20–200 лк у цыплят суточные ритмы двигательной активности наиболее выражены. При этом наблюдается прямая зависимость, чем выше уровень освещенности, тем заметнее ритмы [61, 62, 81, 155]. Также исследования подтверждают, что кормовая активность птицы отличается в зависимости от значения освещенности. Чем выше уровень освещенности, тем выраженнее ритм кормовой активности [62]. Согласно данным Weaver Jr W. D., (1968), при

выращивании цыплят-бройлеров в условиях высокой интенсивности освещения у птицы наблюдались ярко выраженные утренние и вечерние пики кормовой активности [201].

Среди физических факторов влияющих на биологические ритмы живых организмов важное значение имеет спектр света (длина волны). Эрвин Бюннинг (1961). изучив многие работы о возникновения ритма под действием света писал: «Для животных, по крайней мере во многих случаях, эффективны все лучи, воспринимаемые глазом, т.е. области спектра, имеющие значение для процесса зрения» [4].

Спектральный диапазон зрения кур охватывает длины волн от 320 до 700 нм [78]. Это означает что они способны воспринимать свет от ультрафиолетового излучения до красного спектра. Помимо сетчатки глаза, птицы воспринимают свет фоторецепторами гипоталамуса через кости черепа. В ответ на световую стимуляцию гипоталамус выделяет гонадотропин-рилизинг гормон (ГнРГ). Результатом становится высвобождение лютеинизирующего (ЛГ) и фолликулостимулирующего (ФСГ) гормонов передней долей гипофиза, которые в свою очередь отвечают за созревание половых желез, их функциональность и овуляцию у самок, тем самым влияя на биологические ритмы птицы [78, 102].

Из данных научной литературы считается, что красный свет (длина волны 620–760 нм) положительно влияет на репродуктивную функцию у несушек [91, 152]. Так в исследованиях Baxter M. (2014) проведенных на линиях слепых кур, птицу с возраста 14 нед содержали при красном (632 нм), зеленом (526 нм) и белом (RGB) свете с интенсивностью освещения 10 лк. Полученные результаты показали, что при красном свете птица достигала половой зрелости раньше, а яйценоскость на среднюю несушку была значительно выше, чем у кур, содержавшихся при зеленом и белом свете ($p < 0,001$) [54]. Красный свет ускорял половое созревание также в исследованиях Gongruttananun N. (2012) и повышал яйценоскость Yang Y. F. (2016) [91, 210].

Зеленый (500–600 нм) и синий спектр света (380–500 нм) согласно данным научных публикаций положительно влияет на рост живой массы птицы [90, 152,

185]. По сообщениям Galan L. и соавтр. (2025) воздействие зеленого спектра света способствует росту мышц цыплят-бройлеров на ранних стадиях за счет повышения уровня гормона роста, а синего на поздних стадиях выращивания [87]. Подтверждая данные исследований Cao J. и соавтр. (2008), Reyad A. R. N., (2024), Nelson J. R. (2020) [69, 154, 174].

Согласно некоторым данным, воздействие зеленого и синего спектра света и их комбинации при выращивании цыплят-бройлеров, способны повышать уровень мелатонина – гормона, регулирующего циркадные ритмы [87]. Например, в исследованиях Horodincu L. (2023) было показано, что зеленый (560 нм) и синий спектры (480 нм) увеличивали концентрацию мелатонина в сыворотки крови у кур и снижали выраженность воспалительных реакций [113]. В тоже время в других работах было выявлено, что фоторецепторы эпифиза наиболее чувствительны к зеленому свету (500 нм), он сильнее подавлял активность N-ацетилтрансферазы, участвующей в синтезе мелатонина, по сравнению с красным (700 нм), оранжевым (600 нм) и фиолетовым светом (400 нм) [209]. В работе Remonato Franco B. M. (2022) приводятся данные, что у цыплят-бройлеров при синем спектре света уровень мелатонина был самым низким, по сравнению с цыплятами, выращиваемыми при белом и зеленом свете [172].

Эндогенные циркадные ритмы живых организмов, в частности и птиц, привязывают выполнение физиологических функций к конкретному времени суток. Погрешность хода физиологических часов составляет всего 1–2 мин [4]. К примеру, в условиях промышленного содержания кладка яиц у птиц происходит в строго определенный период времени после включения света. Перепела откладывают яйца во второй половине дня в период 7–14 ч после утреннего светового сигнала [115, 186]. У кур основная масса яиц откладывается в первую половину дня – как правило, спустя 5 и 6 ч после включения света. Однако, все зависит от породы, кросса и продуктивности несушек и режима освещения. В своем обзоре Кавтарашвили А. Ш. (2019) приводит данные что высокопродуктивная птица начинает яйцекладку раньше низкопродуктивной [7]. Щербатов В. И. в своих

исследованиях также подтвердил наличие различий во времени снесения яиц в зависимости от продуктивности птиц [23].

Несмотря на роль света как главного синхронизатора биологически ритмов, данную функцию могут выполнять и другие факторы [4]. К примеру кормление, привязанное к конкретному времени, может изменять фазу ритма двигательной или иной активности [203] В исследованиях Wagner H. O. (1956) сдвигал фазу ритма двигательной активности у канареек, находившихся в условиях постоянной темноты, за счет изменения времени их кормления [197].

Понимание физиологических функций, которые регулируются циркадными ритмами птицы, позволяет целенаправленно использовать эти знания в птицеводстве для повышения продуктивности. В частности, Щербатов В. И. в своих исследованиях выявил характерные суточные формы двигательной и кормовой активности кур. Согласно данным его работ, циркадные ритмы этих видов активности имеют двухвершинный профиль: первый пик наблюдается через 2 ч после включения, второй – за 2 ч до выключения света. Яйцекладка происходит между двумя пиками кормовой и двигательной активности. Кормление птицы с учетом ее циркадных ритмов, повышает продуктивность и уменьшает агрессию, тогда как кормление в период яйцекладки может сдвинуть ее ритм, и в последующем прервать цикл [1, 27, 28, 31, 32, 33]. Исследования Levkovich G. (2024), do Nascimento C. H. (2025), Yan J. (2023) и др. согласуется с данными Щербатова В. И., что кормление согласно циркадным ритмам кур, повышает яйценоскость кур и продлевает продуктивное использование несушек [80, 132, 144, 203, 208].

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объект и условия исследований

Научно-исследовательская работа была проведена, согласно тематическому плану НИОКР университета, «Разработка инновационных природоподобных селекционно-технологических методов и способов повышения производства высококачественной продукции животноводства на основе современных ресурсосберегающих систем и технологий» (Регистрационный номер 121032300057-2). Раздел 16.2 Разработка инновационных природоподобных селекционно-технологических методов и способов повышения производства высококачественной продукции животноводства.

Опыты проводились в лаборатории птицеводства кафедры разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий Кубанского ГАУ с 2022 по 2024 гг и в АО ППЗ «Лабинский». Для исследования было сформировано три группы кур кросса Хайсекс Браун по 20 гол в каждой. Птицу содержали в изолированных боксах, при индивидуальной рассадке в 2-х ярусной клеточной батарее. С момента комплектования в 90 дн и до 140-дневного возраста молодок, соблюдали световой режим, используемый в АО ППЗ «Лабинский» (Приложение 1). Кормление кур осуществляли согласно рекомендуемым нормам ВНИТИП (2014).

2.2 Методы исследований

С возраста 140 дн две опытные группы несушек были переведены на световые режимы с разными периодами циркадного ритма (таблица 1).

Таблица 1 – Продолжительность светового дня и темноты при разных периодах циркадного ритма, ч

Возраст, дни	Контроль			Опытная 1			Опытная 2		
	День	Ночь	Период	День	Ночь	Период	День	Ночь	Период
134	13,0	11,0	24,0	13,0	11,0	24,0	13,0	11,0	24,0
138	13,0	11,0	24,0	13,0	10,25	23,25	13,0	9,5	22,5
143	14,0	10,0	24,0	14,0	9,25	23,25	14,0	8,5	22,5
195–520	15,0	9,0	24,0	15,0	8,25	23,25	15,0	7,5	22,5

Продолжительность суток в контрольной группе составляла 24 ч, в опытной группе 1 – 23,25 ч; в опытной группе 2 – 22,5 ч. Продолжительность суток равных 23,25 ч и 22,5 ч создавали путем ежесуточного сдвига к утренним часам времени включения и выключения освещения на 45 мин для опытной группы 1 и на 90 мин для опытной группы 2.

Схема исследования представлена на рисунке 1.

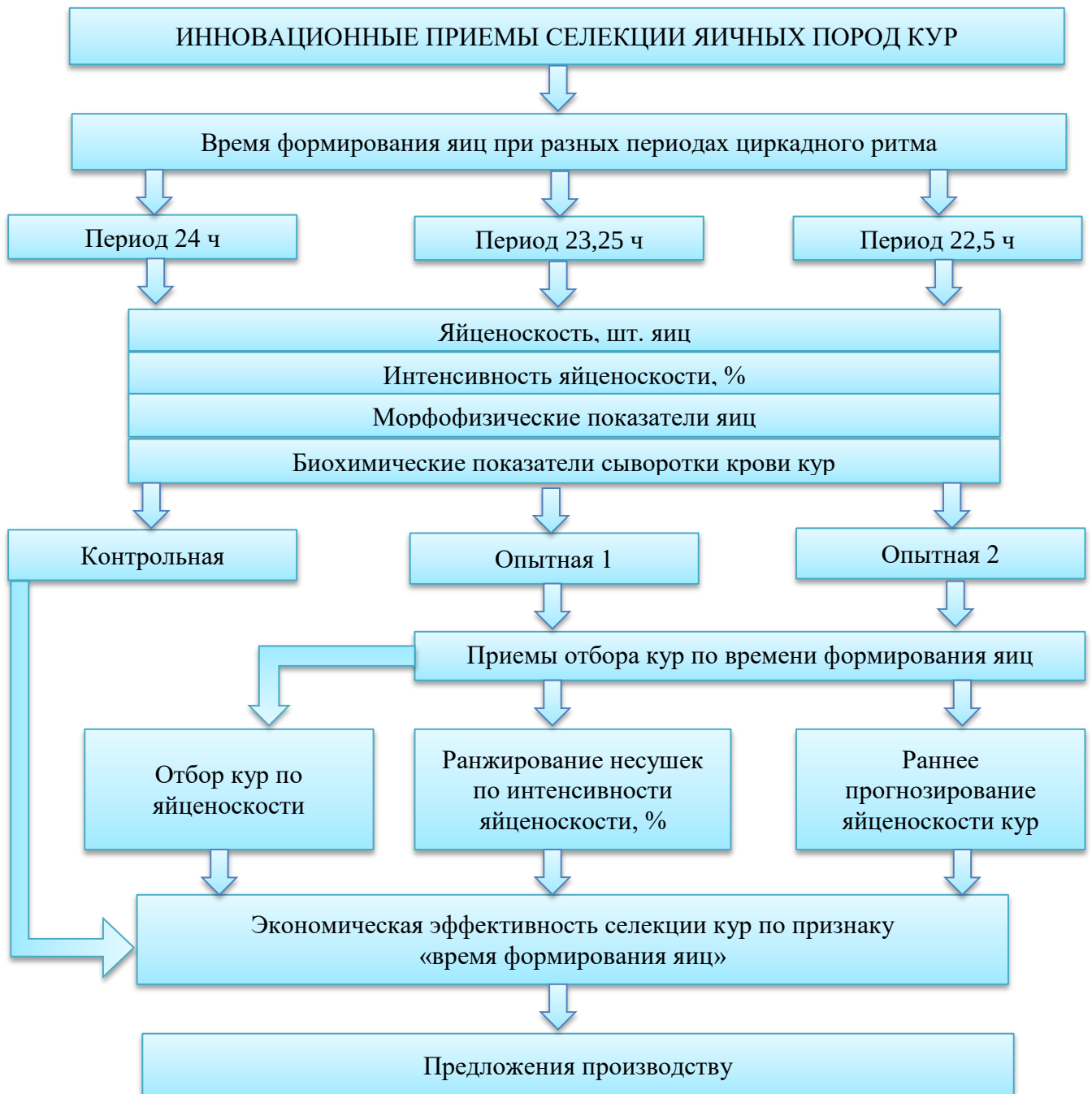


Рисунок 1 – Схема исследования

Освещенность 15 лк для кур всех групп. Во всех группах применяли двухразовое кормление. Кормление кур контрольной группы осуществляли в фиксированное время: первый раз – 8:00; второй – в 16:00. В опытных группах его осуществляли согласно ритмам птицы: первое кормление проводили с момента включения света в помещении, второе – за 2 ч до отключения света.

Видеонаблюдение за птицами всех трех групп проводили круглосуточно, начиная с 140 дн жизни и до 520-дневного возраста.

При наблюдении учитывали время снесения яиц с точностью до минуты. Для этого использовали камеры IP Xiaomi Smart Camera 300 с встроенной micro SD картой для записи данных. В качестве осветительных приборов использовали умные лампы Xiaomi Mi LED Smart Bulb E27 сопряженные с WiFi. Управление световыми режимами и учет данных видеонаблюдения осуществляли с помощью мобильного приложения MI Home через WiFi сеть. Данные видеонаблюдения вносили в ПК для статистической обработки данных в программе Microsoft Excel 2019.

По результатам наблюдений индивидуально по каждой особи определяли время снесения яиц (ч), рассчитывали время формирования яиц (ч), фазу яйцекладки (интервал времени от включения света до кладки яйца) (ч), количество циклов яйцекладки (дн), количество интервалов яйцекладки (дн) и яйценоскость (шт. яиц). Время формирования яиц в яйцеводе определяли индивидуально для каждой особи по времени между последовательно снесенными яйцами в цикле яйцекладки. Если в яйцекладке наступал интервал, то в расчет не брали время снесения последнего яйца до интервала и время снесения первого яйца после интервала.

Фаза яйцекладки – это время от включения света до снесения яиц, фаза отражает связь внешнего ритма с эндогенным ритмом кур. Определяли этот показатель путем вычитания времени снесения яиц от времени включения освещения, ч.

Количество циклов яйцекладки определяли суммированием циклов в учитываемый период, аналогичным способом определяли и количество интервалов яйцекладки.

Продолжительность интервалов (ч) определяли путем вычитания времени снесения первого яйца в новом цикле яйцекладки и последнего яйца завершеного цикла.

Ежедневно проводили индивидуальный учет массы яиц (г), упругой деформации скорлупы (мкм), большого и малого диаметра яиц (мм), индекса формы (%) по 5 шт. от каждой группы.

Для определения массы яиц использовали лабораторные электронные весы с точностью до 0,1 г. Упругую деформацию скорлупы (УД) определяли прибором ПУД-1. Диаметры яиц вычисляли электронным цифровым штангенциркулем с точностью до 0,1 см. Индекс формы яиц (ИФ) рассчитывали по формуле:

$$\text{ИФ} = \frac{d}{D} \times 100 \%$$

где d – малый диаметр яйца; D – большой диаметр яйца.

Раз в месяц проводили морфологический анализ яиц и учитывали следующие показатели: масса яиц, (г); упругая деформация скорлупы, (ед); индекс формы, (%); толщина скорлупы, (мкм) и ее массу, (г); вес (г) и долю (%) в яйце основных структурных элементов, белок, желток, скорлупа; высоту белка и желтка, их диаметры, (мм).

Контроль живой массы несушек проводили ежемесячно в период яйцекладки.

Анализ биохимических показателей крови проводили в возрасте 46 и 60 нед жизни птицы. Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере в программе Microsoft Excel 2019.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Время формирования яиц, как новый признак селекции кур

В настоящих исследованиях изучали яйценоскость несушек с разной суточной периодичностью. Для определения адаптации суточной ритмики птицы к внешним ритмам, определяли период времени формирования яиц. Время формирования яиц – соответствующий критерий оценки суточной периодичности птицы. Регистрация времени снесения яиц позволяет рассчитать период времени формирования яиц, отслеживать динамику фазы яйцекладки и ее суточный сдвиг. Учет времени снесения яиц осуществляли с помощью IP-видеокамер и мобильного приложения MI Home.

Контрольная группа несушек содержалась в условиях 24-часового (традиционного) режима освещения, тогда как опытные группы находились в режимах с укороченной периодичностью: опытная группа 1 – 23,25 ч, опытная группа 2 – 22,5 ч. Режим с периодом 23,25 ч использовался в качестве естественного эндогенного ритма птицы. Режим с периодом 22,5 ч являлся экспериментальным и использовался для раннего отбора высокопродуктивной птицы.

Кормление несушек опытных групп, согласно циркадным ритмам, имело практическое значение, так как интенсивность физиологических функций и поведенческих реакций находятся в пределах суточного цикла. У несушек пик кормовой активности, а также проявление полового поведения и агрессии приходятся на первые 2 ч после утреннего светового сигнала и за 2 ч до отключения освещения. Яйцекладка несушек приурочена к временному интервалу между утренним и вечерним пиками поведенческой активности (кормовой, половой, агрессии). Кормление кур в период яйцекладки, способно сдвигать ее фазу, нарушать ритмичность, а в ряде случаев прерывать ее цикл.

Следовательно, на яйценоскость кур оказывают влияние не только продолжительность суток, чередование света и темноты, но и время кормления.

Режимы освещения могут быть более эффективными если, строить их на основе биологических ритмов птицы.

Результаты годового учета регистрации яйцекладки несушек отображены в таблице 2.

Таблица 2 – Интенсивность яйценоскости кур в зависимости от периода циркадного ритма, %

Месяц продуктивности	Контрольная – 24 ч		Опытная 1 – 23,25 ч		Опытная 2 – 22,5 ч	
	Время формирования яиц, ч	Интенсивность яйценоскости%	Время формирования яиц, ч	Интенсивность яйценоскости%	Время формирования яиц, ч	Интенсивность яйценоскости%
Октябрь (31 дн)	23:53±0:04	93,5	23:16±0:01	102,0	23:18±0:05	101,3
Ноябрь (30 дн)	23:56±0:01	96,7	23:20±0:02	100,6	23:20±0:05	101,7
Декабрь (31)	23:59±0:01	96,8	23:26±0:04	100,8	23:05±0:05	100,6
Январь (31 дн)	23:57±0:01	97,1	23:30±0:05	99,6	23:09±0:06	99,2
Февраль (29 дн)	24:00±0:01	96,9	23:22±0:03	100,4	22:49±0:04	102,4
Март (31 дн)	23:58±0:01	96,3	23:27±0:03	100,6	23:02±0:05	99,8
Апрель (30 дн)	23:59±0:01	95,7	23:28±0:04	100,0	23:15±0:04	97,8
Май (31 дн)	23:56±0:01	94,9	23:34±0:04	99,4	23:25±0:05	96,7
Июнь (30 дн)	23:59±0:01	93,9	23:48±0:03	95,5	23:46±0:06	92,4
Июль (31 дн)	24:00±0:01	92,3	23:34±0:06	98,7	23:30±0:08	95,1
Август (31 дн)	24:01±0:01	90,9	23:38±0:04	97,8	23:24±0:09	93,9
Сентябрь (30 дн)	23:58±0:01	90,1	23:33±0:04	98,4	23:23±0:06	95,1
M±m	23:58±0:01	94,6±0,7	23:29±0:02	99,5±0,5	23:17±0:03	98,1±1,0
Яйценоскость за 366 дн жизни, шт. яиц	346,2±4,2		364,2±1,8***		358,8±2,5***	
C _v , %	0,14	8,02	0,77	1,86	1,07	2,77
Длина завершеного цикла, дн	16,4±3,6		33,0±4,6		13,7±1,3	

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Интенсивность яйценоскости была обусловлена периодом циркадного ритма, способствующего синхронизации внутренних ритмов птицы, в том числе и ритма яйцеобразования с факторами внешней среды – чередованием светлого и темного времени суток. Согласованность ритма яйцеобразования с установленными

сутками в исследуемых группах отчетливо прослеживается, что подтверждают выраженные отличия в интенсивности яйценоскости несушек. В опытных группах яйценоскость возрастает по мере приближения периода времени формирования яиц к периоду установленных суток, в то время как в контрольной группе данная тенденция отсутствует. Мы полагаем, что это обусловлено затягиванием эндогенного ритма кур под действием 24-часового режима освещения, поскольку естественный ритм птицы короче этого периода. В результате наблюдаются частые перерывы в яйцекладке и неоднородность особей по яйценоскости в пределах группы [1, 31, 32].

Циркадные ритмы яйцекладки у кур, согласованные по фазе с периодическими изменениями внешней среды (чередование света и темноты, время кормления) сокращают количество непродуктивных дней несушек. Стабильный цикл яйцекладки приурочен к фиксированному времени, о чем свидетельствует период времени формирования яиц, равный периоду суток. Суточный сдвиг фазы яйцекладки приводит к изменению периода времени формирования яиц. Для сохранения синхронизации яйцекладки с периодическими изменениями во внешней среде фаза яйцекладки имеет колебательную динамику (рисунок 2–4).

В условиях 24-часовой суточной периодичности циркадная система птицы в среднем по группе обеспечивает время для откладки яиц продолжительностью около 7 ч после включения освещения в птичнике, в границах которого происходит яйцекладка.

У несушек контрольной группы кладка яиц приходится на первую половину светового дня (рисунок 2). Куры с высокой яйценоскостью откладывают яйца в течение первых 2–3 ч после включения освещения, что согласуется с наблюдениями других исследователей [7, 23]. Вопреки внешней неоднородности времени снесения яиц, колебания фазы яйцекладки подчиняются периодической закономерности. В цикле яйцекладки можно наблюдать кладку яиц сразу же после включения освещения, а также верхние пределы снесения яиц (пики) от включения освещения. Фаза яйцекладки между пиками сначала стремится к времени

включения освещения, а затем к вечерним часам, имея вид «маятника». Частота таких колебаний между двумя пиками в цикле составляет примерно 7–21 дн, с амплитудой – 1,0–1,6 ч.

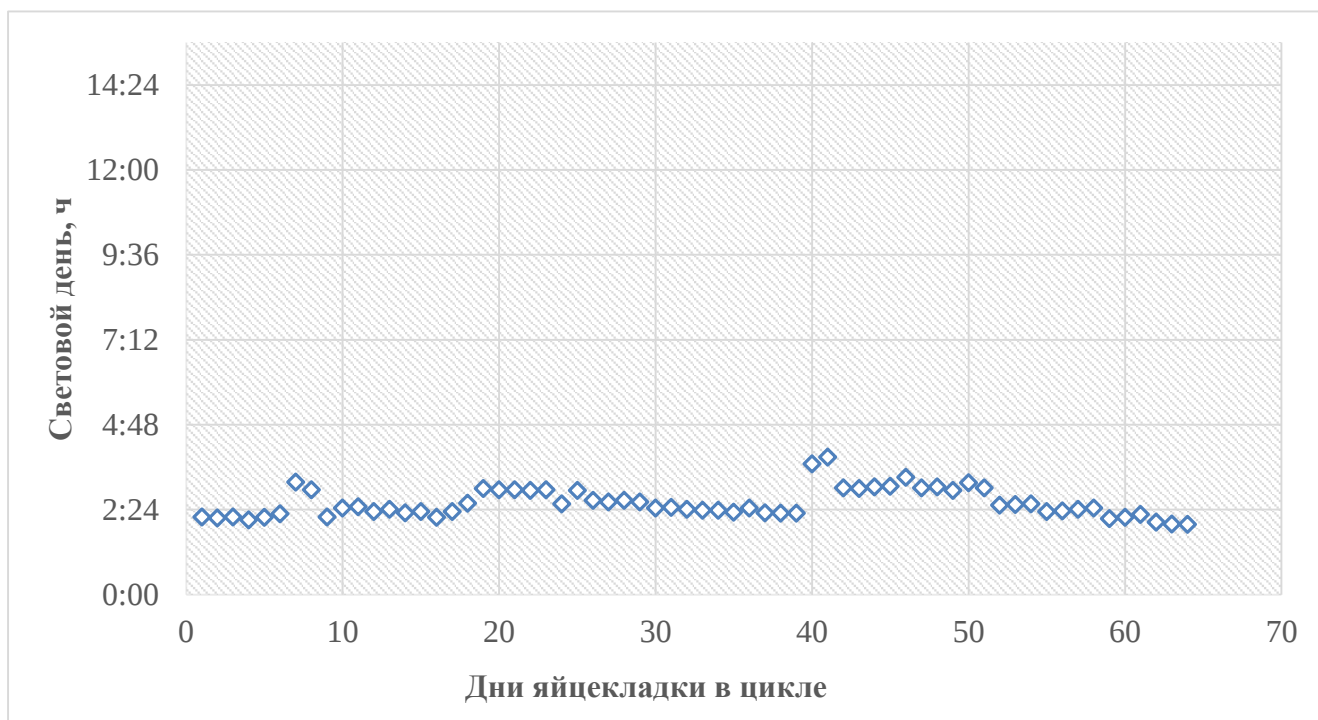


Рисунок 2 – Динамика фазы яйцекладки в цикле у несушек контрольной группы в период 189–250 дн жизни

При 24-часовом режиме освещения каждая последующая кладка яиц в цикле происходит раньше на 1–3 мин, стремясь к времени включения освещения. По достижению этого времени, несушки либо прерывают цикл яйцекладки, так как следующее яйцо прогнозируемо должно снестись в темное время суток, либо сдвигают фазу яйцекладки на более позднее время. Данная тенденция кладки яиц в цикле доказывает наличие расхождения внешнего 24-часового периода с циркадным ритмом яйцекладки у кур. Поскольку естественный ритм яйцекладки кур ежедневно спешит относительно установленных суток, все же они некоторое время сохраняют согласованность с 24-часовым суточным циклом. Приспособление к 24-часовому световому режиму происходит путем ежедневного чередования света и темноты, такая надстройка подгоняет и подстраивает ритмы яйцекладки кур к установленному режиму освещения.

По нашим наблюдениям, несмотря на длительную селекцию птицы в условиях 24-часовой суточной периодичности, сохранили свой эндогенный

циркадный ритм с периодом менее 24 ч. Отбор, вероятно, закреплял не более чем адаптацию к этому режиму, что находит свое подтверждение в разнородности несушек по яйценоскости внутри группы, и меньшей яйценоскостью чем при режиме с 23,25 и 22,5-часовой периодичностью, а также частотой интервалов в яйцекладки перед началом устойчивой кладки у кур в контрольной группе.

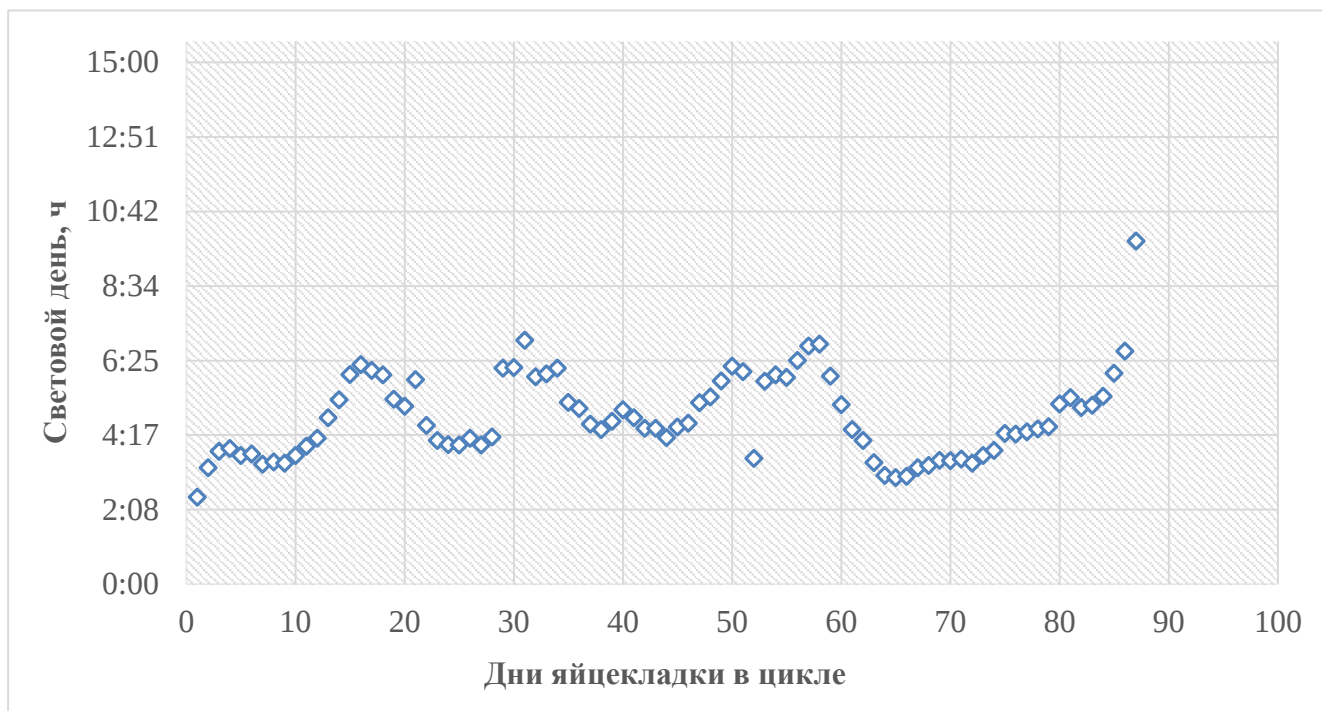


Рисунок 3 – Динамика фазы яйцекладки в цикле у несушек опытной группы 1 в период 421–504 дн жизни

В группе несушек с периодом суток 23,25 ч откладка яиц происходит в границах от 4 до 5 ч после включения освещения в птичнике. При этом колебания «маятника» между двумя пиками в цикле яйцекладки выражены отчетливо, время формирования яиц, возрастает и уменьшается в зависимости в какой фазе происходит кладка. Фаза яйцекладки в цикле при 23,25-часовом периоде суток, то приближается, то отдаляется от утреннего светового сигнала, тем самым сохраняя устойчивый цикл яйцекладки. Согласованность циркадных ритмов яйцекладки поддерживается путем ежедневного чередования света и темноты с продолжительностью суток – 23,25 ч. Предшествующий интервалу яйцекладки период характеризуется резким сдвигом фазы яйцекладки к вечерним часам при одновременном увеличении времени формирования яиц.

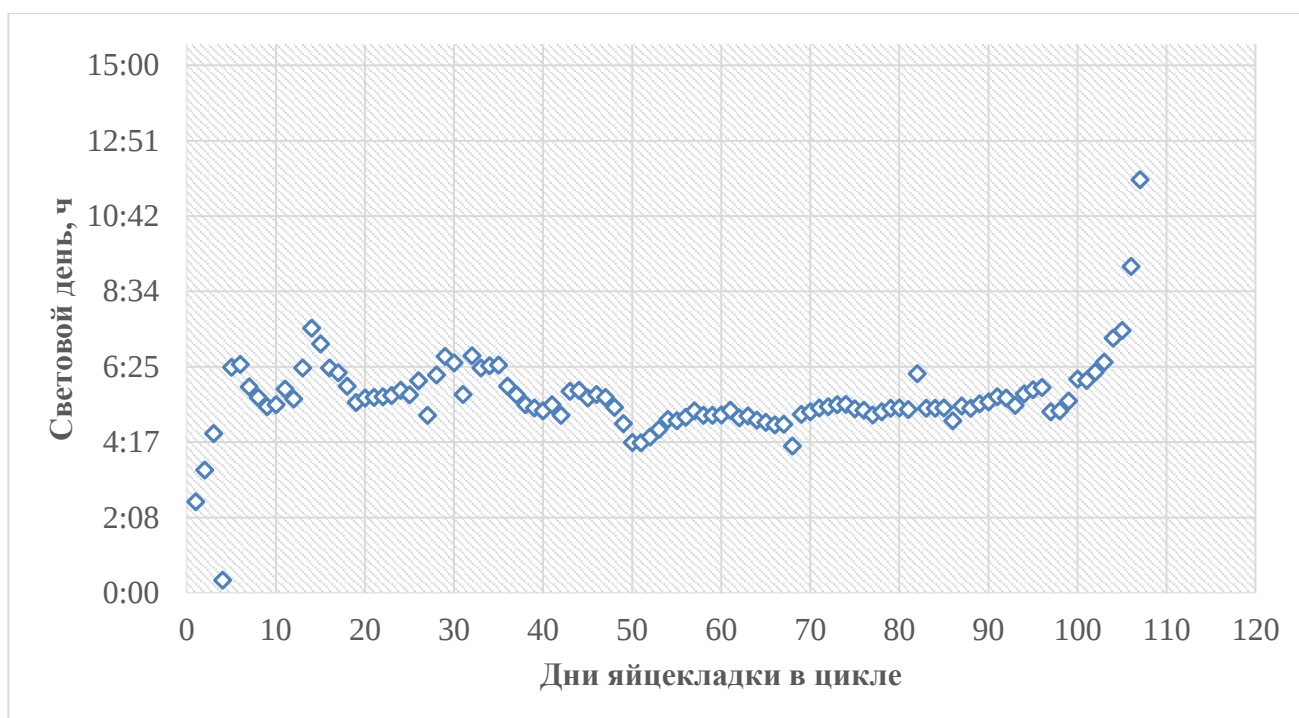


Рисунок 4 – Динамика фазы яйцекладки в цикле у несушек опытной группы 2 в период 245–345 дн жизни

В продолжительных циклах яйцекладки у несушек второй опытной группы кладка яиц совершается в границах от 4 до 6 ч после включения освещения в птичнике. Однако для начала цикла яйцекладки характерны ранние сроки снесения яиц. В последующем яйца сносятся в обозначенных временных границах. При этом фаза яйцекладки в устойчивых циклах имеет свой ритм с амплитудой 2,0–2,5 ч. В таких продолжительных циклах яйцекладки время формирования яиц согласовано с режимом освещения 22,5 ч. Прогнозировать конец цикла яйцекладки несушек второй опытной группы не вызывает затруднений, так как перед прерыванием цикла, фаза яйцекладки резко сдвигается к времени выключения освещения.

Важно подчеркнуть, что циклы яйцекладки у несушек не прерываются вследствие того, что циркадные ритмы способны подстраивается под режимы освещения разной длины в допустимых пределах, даже если их собственная периодичность отличается от внешнего периода. Тем не менее существует изменчивость в способности кур ежедневно подстраивать свои ритмы и поддерживать синхронность с режимами освещения разной продолжительности. У несушек процесс яйцеобразование, включая овуляцию и кладку яиц должен быть

согласован с суточным ритмом освещения. Однако у несушек с режимами освещения с периодом суток 24 и 22,5 ч цикл яйцекладки прерывается намного чаще, а также наблюдаются внутригрупповые различия. А именно в пределах каждой популяции несушек, существуют особи способные эффективнее сопоставлять свои внутренние ритмы с внешними. В наших исследованиях оптимальным режимом освещения синхронизирующий циркадный ритм яйцекладки являлся режим с 23,25-часовой суточной периодичностью.

Несушки контрольной группы безусловно выдерживают суточный ритм с 24-часовым периодом, их время формирования яиц варьирует от периода суток, в пределах 0,09–0,48 % (рисунок 5). Зависимость признака времени формирования яиц от периода суток показала слабую корреляционную связь – $r = -0,11$. Вне зависимости от уровня продуктивности суточный цикл яйцекладки кур контрольной группы находится в диапазоне 23,8–24,1 ч. Однако данный период освещения заметно дифференцирует кур по яйценоскости, так как размах вариации по этому показателю у несушек за год составил – 56 шт. яиц, а одно стандартное отклонение было равно $\pm 1\sigma = 14,5$ шт. яиц. Выявленная неоднородность яйценоскости несушек свидетельствует о том, что часть особей способна эффективно синхронизировать свои ритмы яйцекладки с 24-часовым периодом. Это согласуется с тем, что в ходе исторической селекции отбор непроизвольно закреплял данный признак у кур.

Повлияв на эндогенную природу ритма путем режимов освещения разной продолжительности и кормления с учетом биологических ритмов кур, мы выявили различия в динамики яйцекладки между исследуемыми группами. Точные измерения периода времени формирования яиц показали, что в контрольной группе в первый месяц яйцекладки, ее ритм существенно отклонялся от 24-часового периода суток, а продуктивность была достаточно низкой за весь период наблюдений. Разумно допустить, что в дальнейшем произошла синхронизация ритмов яйцекладки с суточным периодом, что сопровождалось ростом яйценоскости.

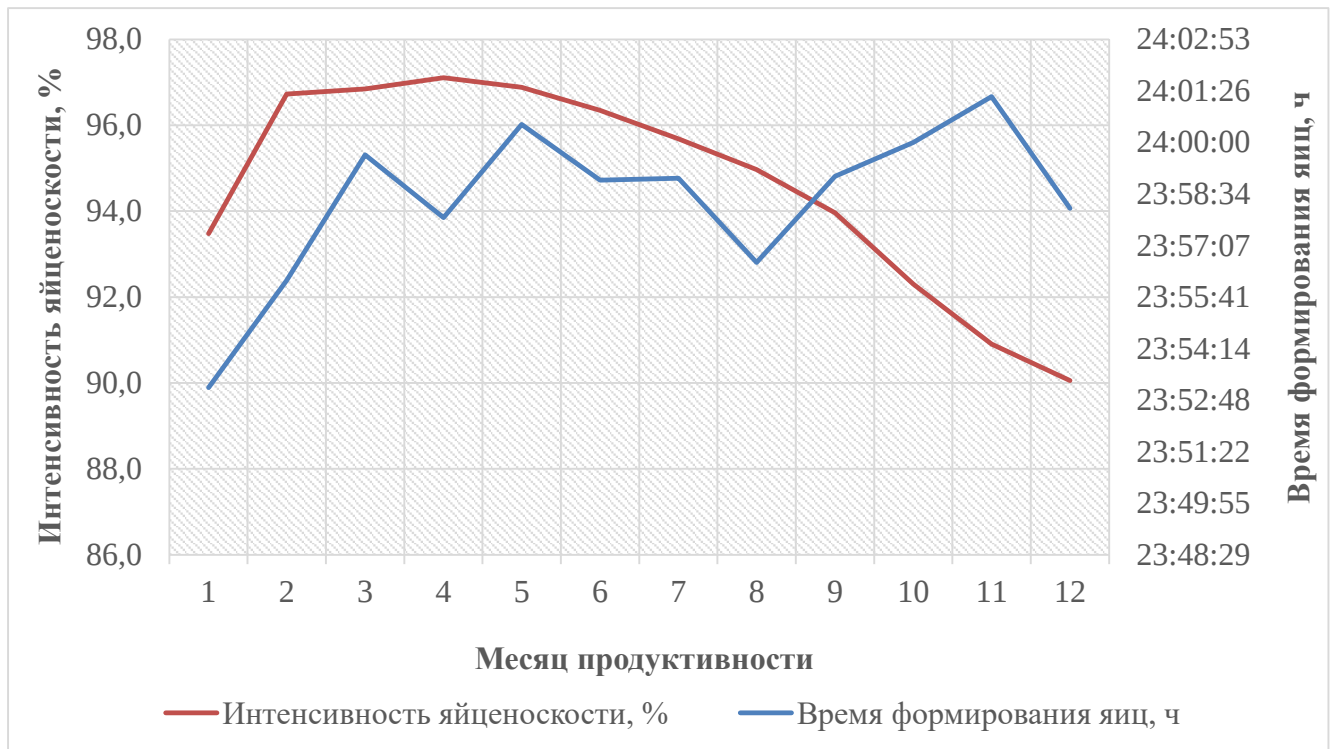


Рисунок 5 – Период формирования яиц и интенсивность яйценоскости кур при ритме 24 ч

Напротив, в опытных группах с первых дней кладки, несушки показывали значительно высокую и стабильную яйценоскость по сравнению с контрольной группой. Для несушек с суточной периодичностью 23,25 и 22,5 ч характерны продолжительные циклы кладки без интервалов в течение первых трех месяцев продуктивного периода. Интенсивность яйценоскости за этот период была равна или превышала 100 % (рисунки 6, 7). Зависимость периода времени формирования яиц и яйценоскости показала высокую отрицательную корреляционную связь, $r = -0,96$ для опытной группы 1 и $r = -0,59$ для опытной группы 2.

На протяжении всего продуктивного периода интенсивность яйценоскости первой опытной группы находилась в границах 102,0–95,5 %. Спад яйценоскости ниже 100 % сопровождался увеличением времени формирования яиц над 23,25-часовым периодом на 0,23 ч (14 мин). Рассогласование циркадных ритмов яйцекладки с периодом суток даже на 1 мин приводило к снижению яйценоскости на 1–3 %.

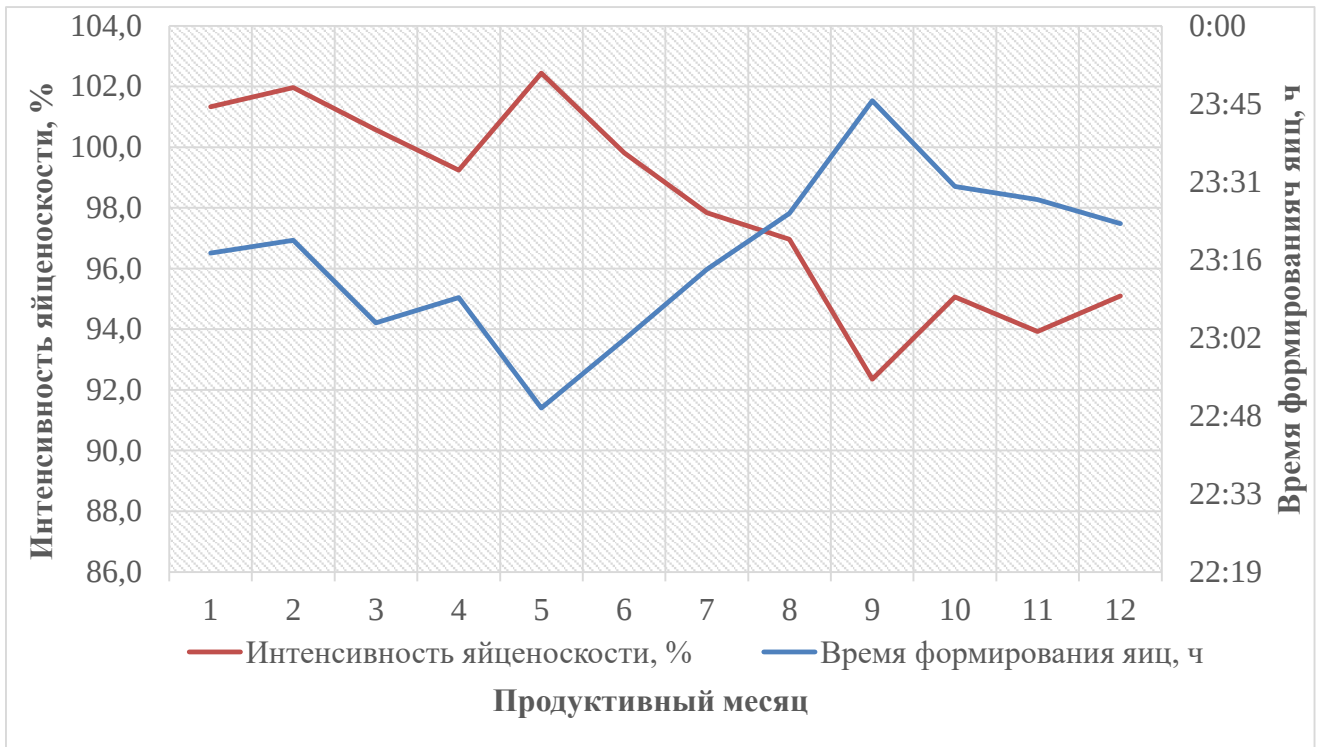


Рисунок 6– Период формирования яиц и интенсивность яйценоскости кур при ритме 23,25 ч

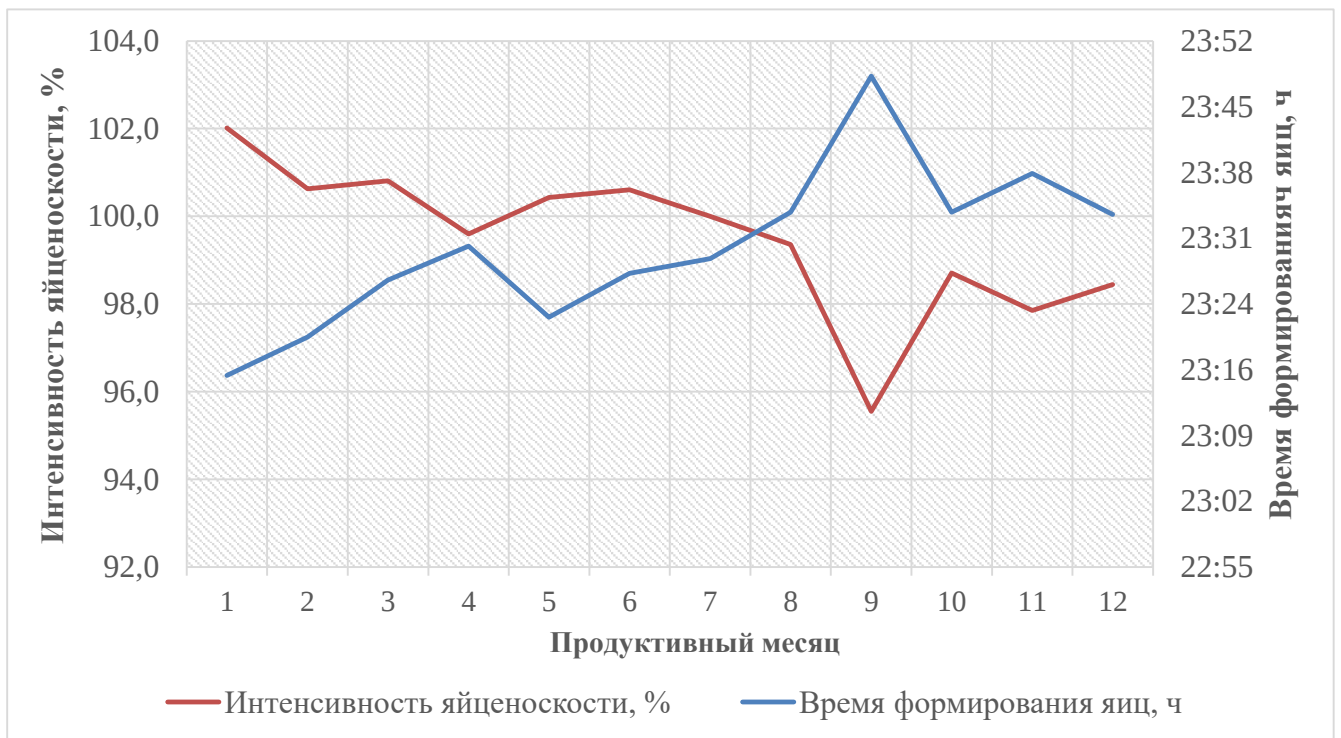


Рисунок 7 – Период формирования яиц и интенсивность яйценоскости кур при ритме 22,5 ч

Вторая опытная группа несушек показывала большую толерантность к рассогласованию циркадных ритмов яйцекладки с периодом суток, так как верхний предел ее яйценоскости доходил до 106,6 %. Спад яйценоскости ниже 100 %,

наблюдался при увеличении периода времени формирования яиц над 22,5-часовым периодом суток на 0,50 ч (30 мин).

В результате, нам удалось установить пороговые значения снижения интенсивности яйценоскости ниже 100 % для несушек первой и второй опытной группы. Для достижения птицей высокой яйценоскости необходимо условие, – совпадение периода экзогенного ритма с эндогенным, генетически детерминированным. Время любого циркадного эндогенного ритма есть генетический признак и согласно закону расщепления признаков в группе птиц всегда будут особи, внутренний ритм которых будет сокращенным и приближаться к навязанному ритму, несушки с продолжительным ритмом и третья разновидность – с несоблюдением какого-либо ритма. Числовое расщепление генетического признака 1:2:1. Помимо этого, доминирующим или рецессивный признак вариabельны и могут незначительно отклоняться от средней признака. Учитывая пороговые отклонения времени формирования яиц от периода циркадного ритма, вся популяция в группах была разделена на высокопродуктивных и низкопродуктивных несушек.

В таблице 3 приведена зависимость времени формирования яиц и интенсивности яйценоскости для высокояйценоских птицы и кур с низкой продуктивностью. Анализ данных показывает, что чем короче период времени формирования яиц, тем выше яйценоскость. Яйценоскость кур учитывали с 150-дневного возраста и до 520 дн високосного года.

Мы отмечаем необычную динамику интенсивности яйценоскости кур при сокращении периодов циркадного ритма в первой и второй опытной группах. Яйценоскость в группах была высокой в первые месяцы продуктивности, затем она снижалась, но в последние месяцы продуктивности вновь восстанавливалась, достигая порой 100 %. Изменение продуктивности с возрастом сходны с колебанием маятника, часто используемого метода для анализа поведения птицы. Для практиков увеличение яйценоскости к концу продуктивного периода – это возможность продления сроков продуктивного периода.

Таблица 3 – Интенсивность яйценоскости несушек при разных периодах циркадного ритма, (M±m)

Продуктивный месяц	Опытная 1 – 23,25 ч						Опытная 2 – 22,5 ч					
	Высокая (23,25–23,50 ч)			Низкая (от 23,50 ч и выше)			Высокая (22,50–23,00 ч)			Низкая (23,00 ч и выше)		
	Интенсивность %,	Время формирования яиц, ч	Отклонение от периода цикла, ч	Интенсивность %,	Время формирования яиц, ч	Отклонение от периода цикла, ч	Интенсивность %,	Время формирования яиц, ч	Отклонение от периода цикла, ч	Интенсивность %,	Время формирования яиц, ч	Отклонение от периода цикла, ч
Октябрь	102,3±1,2	23:14±0:02	0:01	101,6±2,5	23:19±0:02	0:04	103,2±0,1	23:07±0:01	0:37	100,7±0,6	23:21±0:07	0:51
Ноябрь	100,7±1,3	23:17±0:01	0:02	100,6±1,1	23:25±0:06	0:10	105,0±1,1	23:02±0:06	0:32	101,0±0,9	23:25±0:06	0:55
Декабрь	101,6±0,8	23:20±0:04	0:05	99,5±1,1	23:36±0:08	0:21	101,6±2,4	22:52±0:13	0:22	100,2±1,2	23:09±0:05	0:39
Январь	99,7±1,2	23:25±0:07	0:10	99,5±1,9	23:37±0:08	0:22	102,4±1,8	22:42±0:03	0:12	98,3±1,1	23:18±0:06	0:48
Февраль	101,0±0,8	23:17±0:01	0:02	99,4±1,8	23:30±0:07	0:15	106,9±0,1	22:30±0:02	0:00	101,1±1,2	22:55±0:05	0:25
Март	101,0±0,8	23:24±0:03	0:09	100,0±2,0	23:32±0:06	0:17	105,6±0,9	22:34±0:02	0:04	98,0±1,5	23:10±0:05	0:40
Апрель	103,0±1,1	23:16±0:02	0:01	95,0±0,8	23:49±0:06	0:34	100,0±1,6	23:05±0:06	0:35	97,2±1,1	23:18±0:05	0:48
Май	100,0±1,0	23:25±0:03	0:10	98,4±1,5	23:47±0:08	0:32	99,2±1,8	23:12±0:06:	0:42	96,3±1,4	23:29±0:07	0:59
Июнь	97,4±0,9	23:40±0:03	0:25	92,8±1,5	24:01±0:05	0:46	97,5±0,9	23:30±0:04	1:00	90,8±1,2	23:51±0:07	1:21
Июль	100,7±1,3	23:20±0:02	0:05	95,7±2,7	23:54±0:13	0:39	100,0±1,5	22:48±0:14	0:18	93,5±1,1	23:43±0:06	1:13
Август	99,3±1,2	23:30±0:03	0:15	95,7±1,7	23:49±0:06	0:34	98,4±3,9	22:52±0:14:	0:22	92,6±1,4	23:38±0:07:	1:08
Сентябрь	100,4±1,3	23:23±0:03	0:08	95,6±2,4	23:48±0:06	0:33	100,0±0,1	22:53±0:02	0:23	94,6±1,2	23:32±0:06	1:02
M±m	100,6±0,5	23:22±0:01	0:07	97,8±0,7	23:41±0:02	0:26	101,4±0,8	22:56±0:02	0:26	97,0±0,6	23:24±0:02	0:54
Сч, %	1,3	0,4	–	1,6	0,5	–	1,4	0,3	–	2,2	0,7	–
г	–0,91		–	–0,94		–	–0,65		–	–0,85		–
Яйценоскость за 366 дн	368,1±1,5			358±2,5			371,8±2,5			356,1±		
Доля несушек, %	62,5			37,5			23,6			76,4		

Все продуктивные признаки по своей природе полигенные. При изучении наследования количественных признаков необходимо определить доли генотипа и паратипических факторов в формировании фенотипического разнообразия и роли аддитивного действия генов. В зависимости от величины коэффициента наследуемости полезные признаки делят на низко ($h^2 = 0,01 \div 0,25$), средние ($h^2 = 0,26 \div 0,26-0,59$) и высоконаследуемые ($h^2 = 0,6$ и выше). Половозрелость, яйценоскость, живая масса особей показатели качества скорлупы относятся к средненаследуемым [12].

Проведенные исследования влияния временных периодов циркадных ритмов на яичную продуктивность несушек позволили сделать заключение, что время формирования яиц в яйцеводе кур является одним из основных показателей, влияющих на яйценоскость. Помимо этого, на яйценоскость, по нашему мнению, сказываются количество циклов яйцекладки и их продолжительность за продуктивный период, количество и продолжительность интервалов.

В таблице 4, 5 представлены уровень и направление связи яйценоскости кур с временными показателями, зависимыми от периода ритма.

Таблица 4 – Корреляционная зависимость яйценоскости кур с циркадным периодом 23,25 ч, (r)

Показатели	Яйценоскость шт.	Время формирования яиц, ч	Количество интервалов, дн.	Интенсивность яйцекладки, %	Длина цикла, дн	Количество циклов, шт.
Яйценоскость шт.						
Время формирования яиц, ч	–0,91					
Количество интервалов, дн.	–0,96	0,89				
Интенсивность яйцекладки, %	0,99	–0,91	–0,96			
Длина цикла, дн	0,86	–0,75	–0,83	0,86		
Количество циклов, шт.	–0,96	0,92	0,98	–0,96	–0,87	
Масса яиц, г	–0,19	0,16	0,16	–0,18	–0,27	0,12

Таблица 5 – Корреляционная зависимость яйценоскости кур с циркадным периодом 22,5 ч, (г)

Показатели	Яйценоскость шт.	Время формирования яиц, ч	Количество интервалов, дн.	Интенсивность яйцекладки, %	Длина цикла, дн	Количество циклов, шт.
Яйценоскость шт.						
Время формирования яиц, ч	–0,89					
Количество интервалов, дн.	–0,98	0,85				
Интенсивность яйцекладки, %	0,99	–0,89	–0,98			
Длина цикла	0,91	–0,83	–0,92	0,90		
Количество циклов	–0,97	0,87	0,98	–0,97	–0,94	
Масса яиц, г	–0,28	0,42	0,31	–0,27	–0,51	0,36

Установлены высокие уровни корреляции между яйценоскостью кур с периодами циркадных ритмов. Период циркадного ритма определяет время формирования яиц в яйцеводе, который также обладает тактовой чувствительностью. Сокращение периода циркадного ритма увеличивает скорость продукционных процессов. Возрастная интенсивность процессов уменьшает время формирования яиц в каждом отделе яйцевода, вероятно в первую очередь за сокращение времени пребывания скорлупообразующей железе. В исследованиях было установлено, что интенсивность яйценоскости при сокращенных циркадных ритмах устойчиво находится в диапазоне 100,0–103,3 % для опытной группы 1, и 100,0–106,6 % опытной группы 2.

Период циркадного ритма определяет время снесения яиц, которое не выходит за временные рамки периода. Чем длиннее цикл, когда птица несетя без перерыва, тем выше яйценоскость. В свою очередь продолжительность и число интервалов в яйцекладке негативно сказывается на яйценоскости.

Рассмотренные наиболее важные на наш взгляд факторы, определяющие яйценоскость, как количественный хозяйственно-полезный признак в большей степени детерминирован временем циркадного ритма.

3.2 Оценка признака «время формирования яиц» по результатам яйценоскости

Индивидуальный учет яйценоскости вели от начала половой зрелости и до 520 дн жизни несушек. В ходе исследования оценивали показатели яйцекладки и сравнивали с теоретически полученными показателями максимальной продуктивности при разных периодах циркадного ритма (таблица 6).

Таблица 6 – Яйценоскости кур при разных периодах циркадного ритма, шт. яиц

Месяц продуктивности	Группа		
	Контрольная – 24 ч	Опытная 1 – 23,25 ч	Опытная 2 – 22,5 ч
Октябрь (31 дн)	28,9±0,4	31,6±0,4	31,4±0,2
Ноябрь (30 дн)	29,0±0,4	30,2±0,4	30,6±0,3
Декабрь (31)	30,0±0,4	31,3±0,3	31,2±0,3
Январь (31 дн)	30,1±0,3	30,9±0,4	30,8±0,3
Февраль (29 дн)	28,1±0,6	29,1±0,2	29,7±0,3
Март (31 дн)	29,9±0,5	31,2±0,3	30,9±0,4
Апрель (30 дн)	28,7±0,4	30,0±0,3	29,4±0,3
Май (31 дн)	29,4±0,5	30,8±0,3	30,1±0,3
Июнь (30 дн)	28,2±0,4	28,7±0,3	27,7±0,4
Июль (31 дн)	28,6±0,7	30,6±0,4	29,5±0,4
Август (31 дн)	28,2±0,5	30,3±0,4	29,1±0,4
Сентябрь (30 дн)	27,0±0,4	29,5±0,4	28,5±0,4
M±m	28,8±0,4	30,3±0,3	29,9±0,3
Яйценоскость за 366 дн	346,2±4,2	364,2±1,8***	358,8±2,5***
Яйценоскость за 520 дн жизни	351,3±4,4	369,5±2,0***	364,8±2,3***
Расчетная яйценоскость, шт. яиц	366,0	377,8	390,4
Снесено с начала яйцекладки и до 150 дн жизни	6,7±1,1	6,5±0,6	6,8±0,9
Cv, %	8,01	1,86	2,78

Расчетная яйценоскость несушек показывает потенциальный годовой максимум яйцекладки. Ее величина напрямую зависит от продолжительности суток. В первой опытной группе, средняя яйценоскость от несушки за год была наиболее близкой к расчетной яйценоскости, подтверждая соответствие циркадных ритмов в яйцекладки кур с 23,25-часовым периодом.

Расчетную яйценоскость находили по формуле:

$$\text{Яйценоскость, шт. яиц} = \frac{366}{T_{\text{сут}}} \times 24 \text{ ч}$$

где 366 – дней в високосном году, T – период суточного ритма, ч

Годовая яйценоскость несушек, содержащихся при ритмах с 24, 23,25 и 22,5 ч подлежит нормальному распределению (распределение Гаусса).

Согласно эмпирическому правилу для нормального распределения в интервале $\pm 1\sigma$ находится 68,3 % всех несушек в группе. Особи чьи показатели выходят за границы интервала $\pm 1\sigma$ можно охарактеризовать как несушек с высокой или низкой яйценоскостью относительно среднего уровня по группе. Несмотря на то, что численность таких особей невелика, именно они представляют наибольшую ценность для племенного отбора (высокопродуктивные), либо подлежат выбраковке (низкопродуктивные).

Куры различались яйценоскостью на среднюю несушку, и показателями стандартного отклонения в зависимости от периода ритма (рисунки 8–10). Для несушек в первой опытной группы характерно небольшое отклонение ($\pm 1\sigma = 6,8$ шт. яиц), в то время как вторая опытная группа отмечалась большей неоднородностью ($\pm 1\sigma = 9,5$ шт. яиц). Однако, сравнение трех групп по яйценоскости выявило что самая высокая вариабельность была выявлена в контрольной группе, $\pm 1\sigma = 14,5$ шт. яиц.

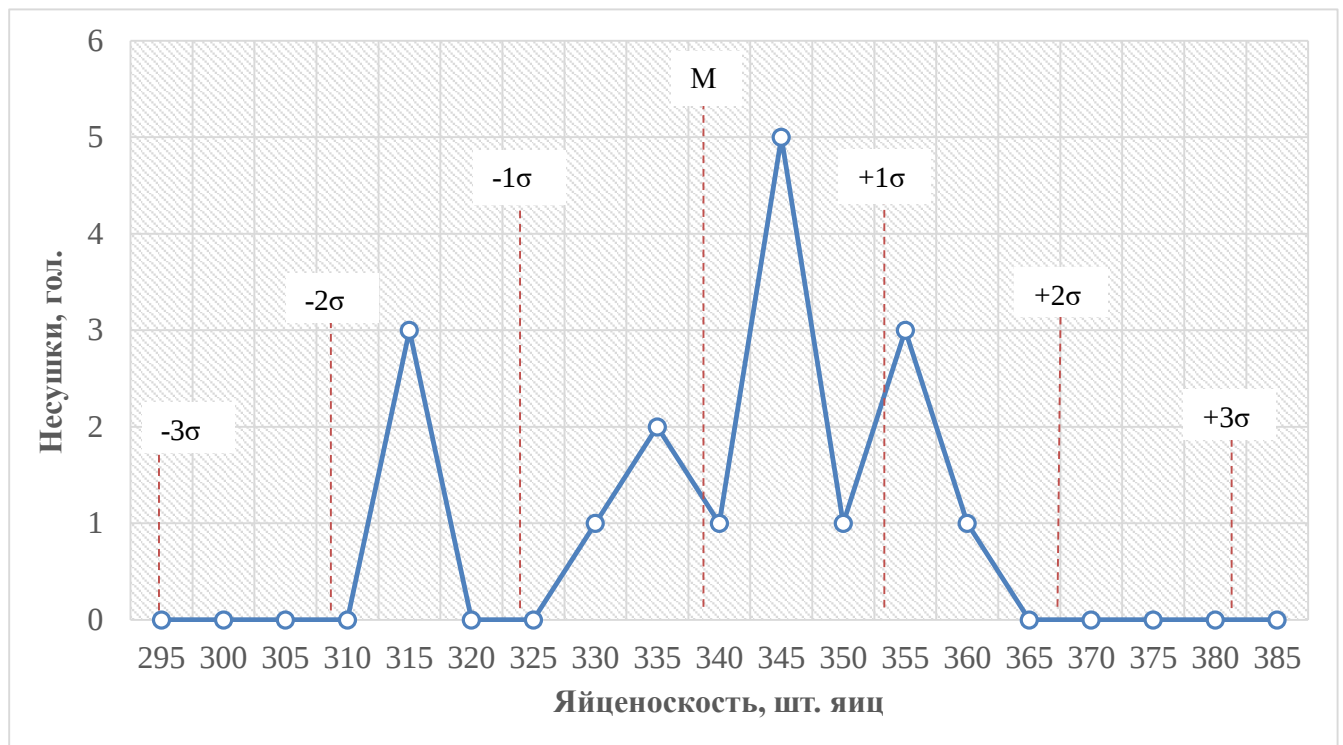


Рисунок 8 – Распределения яйценоскости при циркадном ритме 24 ч

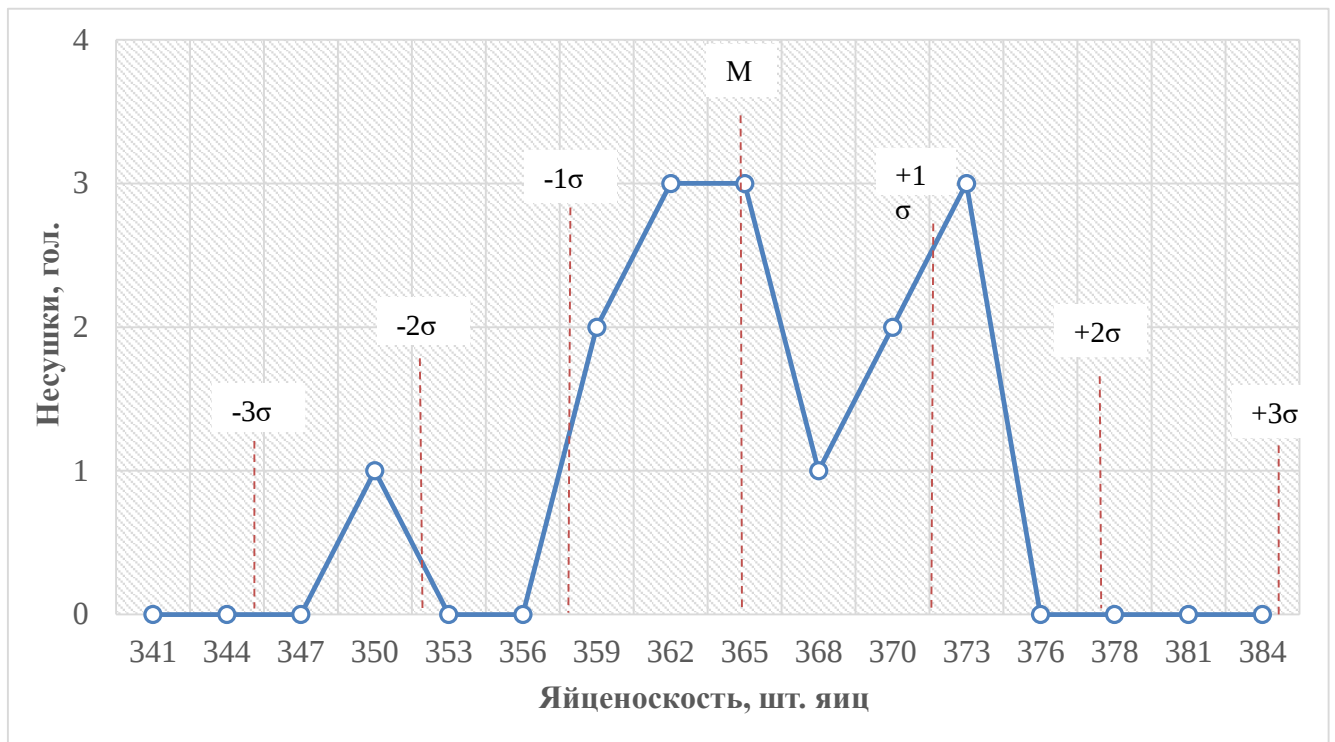


Рисунок 9 – Распределения яйценоскости при циркадном ритме 23,25 ч

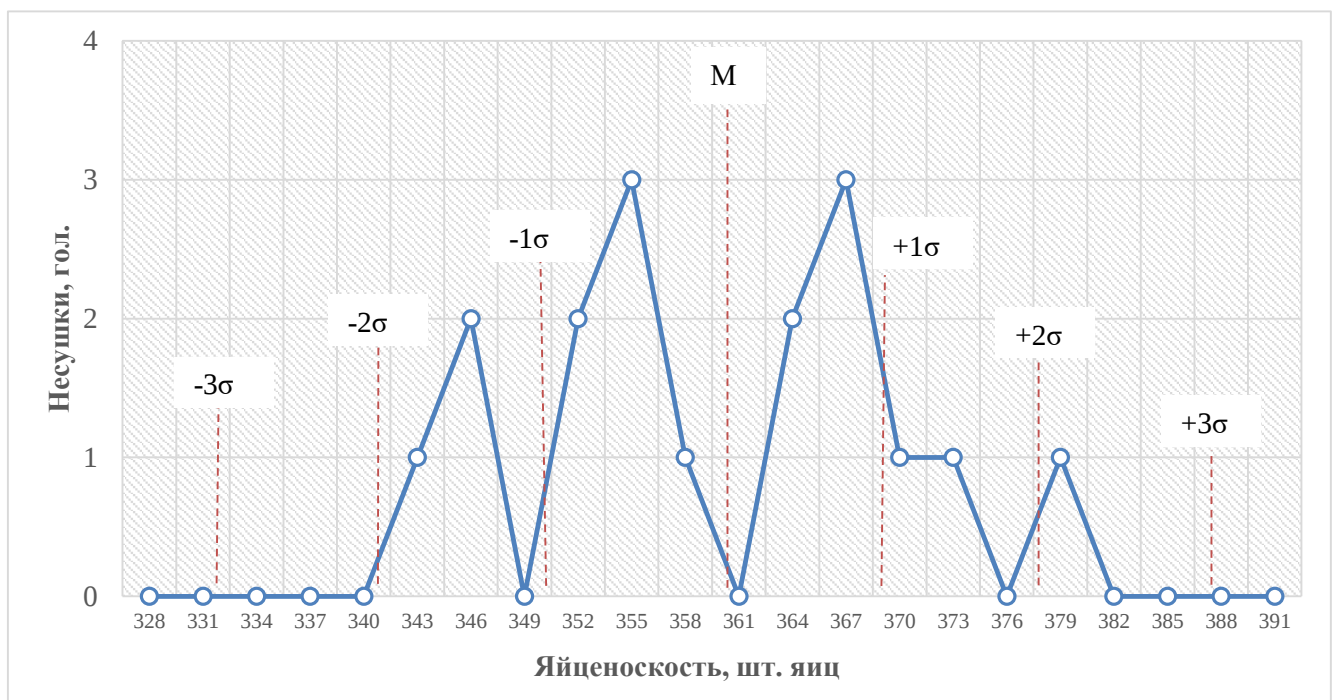


Рисунок 10 – Распределения яйценоскости при циркадном ритме 22,5 ч

Принцип нашего способа отбора высокопродуктивных кур и выбраковки низкопродуктивных строился на симметричном использовании стандартного отклонения от средней (M) для опытной группы 1 и контрольной группы. Верхнюю границу для отбора высокопродуктивных особей контрольной группы установили от +1σ до расчетной яйценоскости (352,5 до 366 шт. яиц), и опытной группы 1

от $+1\sigma$ до расчетной яйценоскости (370,9 до 377,8 шт. яиц). В опытной группе 2 высокопродуктивных несушек в границах от $+2\sigma$ до расчетной яйценоскости (378,0 до 390,4 шт. яиц), для отбора высокопродуктивных особей. Согласно правилу нормального распределения, особи, попадающие в интервал от $+2\sigma$ до $+3\sigma$ составляют не более чем 2 % от общего поголовья. Нижнюю границу стандартного отклонения (-1σ) использовали как порог выбраковки, из всех групп исключались несушки ниже установленных значений: для опытной группы 1 куры с яйценоскостью менее 357,5 шт. яиц, для опытной группы 2 – менее 349,3 шт. яиц, а для контрольной группы – менее 323,5 шт. яиц. Несушки, которые не входили в категорию высокопродуктивных и категорию выбраковки, относили к категории среднепродуктивных несушек (таблица 7).

Таблица 7 – Яйценоскость кур после выбраковки низкопродуктивных особей

Месяц продуктивности	Контрольная – 24 ч		Опытная 1– 23,25 ч		Опытная 2 – 22,5 ч	
	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая
Октябрь (31 дн)	29,1 $\pm$ 0,3	29,7 $\pm$ 0,4	31,7 $\pm$ 0,4	32,3 $\pm$ 0,4	31,5 $\pm$ 0,2	32,0
Ноябрь (30 дн)	30,4 $\pm$ 0,3	30,3 $\pm$ 0,8	30,0 $\pm$ 0,6	30,7 $\pm$ 0,4	30,6 $\pm$ 0,3	31,0
Декабрь (31)	29,9 $\pm$ 0,1	30,0 $\pm$ 0,1	31,3 $\pm$ 0,4	31,7 $\pm$ 0,4	31,1 $\pm$ 0,4	33,0
Январь (31 дн)	30,0 $\pm$ 0,3	30,7 $\pm$ 0,4	30,7 $\pm$ 0,5	32,0 $\pm$ 0,7	30,9 $\pm$ 0,4	32,0
Февраль (29 дн)	28,5 $\pm$ 0,3	28,0 $\pm$ 1,2	29,3 $\pm$ 0,2	28,7 $\pm$ 0,4	29,9 $\pm$ 0,4	31,0
Март (31 дн)	27,4 $\pm$ 0,6	29,0 $\pm$ 0,7	31,1 $\pm$ 0,4	31,3 $\pm$ 0,4	31,4 $\pm$ 0,4	33,0
Апрель (30 дн)	29,5 $\pm$ 0,4	30,3 $\pm$ 0,4	30,0 $\pm$ 0,5	30,7 $\pm$ 0,4	29,6 $\pm$ 0,3	30,0
Май (31 дн)	29,0 $\pm$ 0,4	29,3 $\pm$ 0,4	30,4 $\pm$ 0,4	31,7 $\pm$ 0,4	30,2 $\pm$ 0,4	32,0
Июнь (30 дн)	28,8 $\pm$ 0,4	30,7 $\pm$ 0,4	28,7 $\pm$ 0,2	29,7 $\pm$ 0,4	27,8 $\pm$ 0,4	29,0
Июль (31 дн)	28,1 $\pm$ 0,9	30,7 $\pm$ 0,4	31,0 $\pm$ 0,3	31,3 $\pm$ 0,4	29,6 $\pm$ 0,4	32,0
Август (31 дн)	25,5 $\pm$ 0,3	27,3 $\pm$ 0,4	29,9 $\pm$ 0,5	31,7 $\pm$ 0,4	29,2 $\pm$ 0,4	33,0
Сентябрь (30 дн)	24,1 $\pm$ 0,8	29,0 $\pm$ 0,1	29,6 $\pm$ 0,4	30,3 $\pm$ 0,4	28,8 $\pm$ 0,4	30,0
Яйценоскость, за 366 дн шт. яиц	340,3 $\pm$ 2,2	355,0 $\pm$ 1,9	364,9 $\pm$ 1,2	372,0 $\pm$ 0,7	360,6 $\pm$ 1,9	378,0
Яйценоскость за 520 дн жизни, шт. яиц	347,5 $\pm$ 2,2	362,7 $\pm$ 2,7	370,1 $\pm$ 1,5	379,3 $\pm$ 1,1	366,5 $\pm$ 1,8	380,0
Яйценоскость по группе, шт. яиц	343,4 $\pm$ 2,4		366,5 $\pm$ 1,3		361,9 $\pm$ 2,3	
Доля особей в группе, %	78,6	21,4	83,3	16,7	93,0	7,0
C_v , %	2,04	0,74	0,95	0,3	1,9	–

В наших исследованиях все особи подвергались синхронизирующему воздействию режимов освещения разной продолжительности. Однако были выявлены индивидуальные различия в адаптационных способностях, которые и

определили внутригрупповую вариабельность по доле выбракованных и избранных для селекции особей в каждой группе.

Так доля выбракованных особей в контрольной группе составила 17,6 % с яйценоскостью на среднюю несушку – 312,0 шт. яиц в год. Доля несушек, подлежащих выбраковке с режимом освещения 23,25 ч была ниже и составила – 13,3 %, с яйценоскостью на среднюю несушку 352,5 шт. яиц. Доля выбракованных особей во второй опытной группе не отличалась от контрольной группы – 17,6 %, однако яйценоскость на среднюю несушку была выше и составила 344,6 шт. яиц.

Высокопродуктивные же особи отличались не только продуктивностью между группами, но и долей особей в группе эффективнее синхронизирующие свои циркадные ритмы яйцекладки. По нашему мнению, эффект синхронизации циркадных ритмов яйцекладки больше зависит от внутренних ритмов птицы, чем от режимов освещения. Будет ли несушки продуктивнее при том или ином режиме освещения, зависит от индивидуальной особенности птицы.

После выбраковки низкопродуктивной птицы при сравнении яйценоскости на среднюю несушку между группами наиболее продуктивными оказались несушки в первой опытной группе. Что свидетельствует о соответствии эндогенных ритмов кур с 23,25-часовым периодом. Однако в условиях искусственного 22,5-часового дня во второй опытной группе небольшая доля особей успешно синхронизирует циркадные ритмы яйцекладки с суточной периодичностью, превосходя по яйценоскости высокопродуктивных особей первой опытной группы.

Разумно допустить, что продолжительность суток влияет на изменение скорости продукционных процессов, которые связаны с чередованием светлого и темного времени суток, задающего ритм. В наших исследованиях можно рассматривать показатели интенсивности яйценоскости как свидетельство

возрастания скорости с сокращением продолжительности суток, и понижением скорости с уменьшением продолжительности суток (рисунок 11).

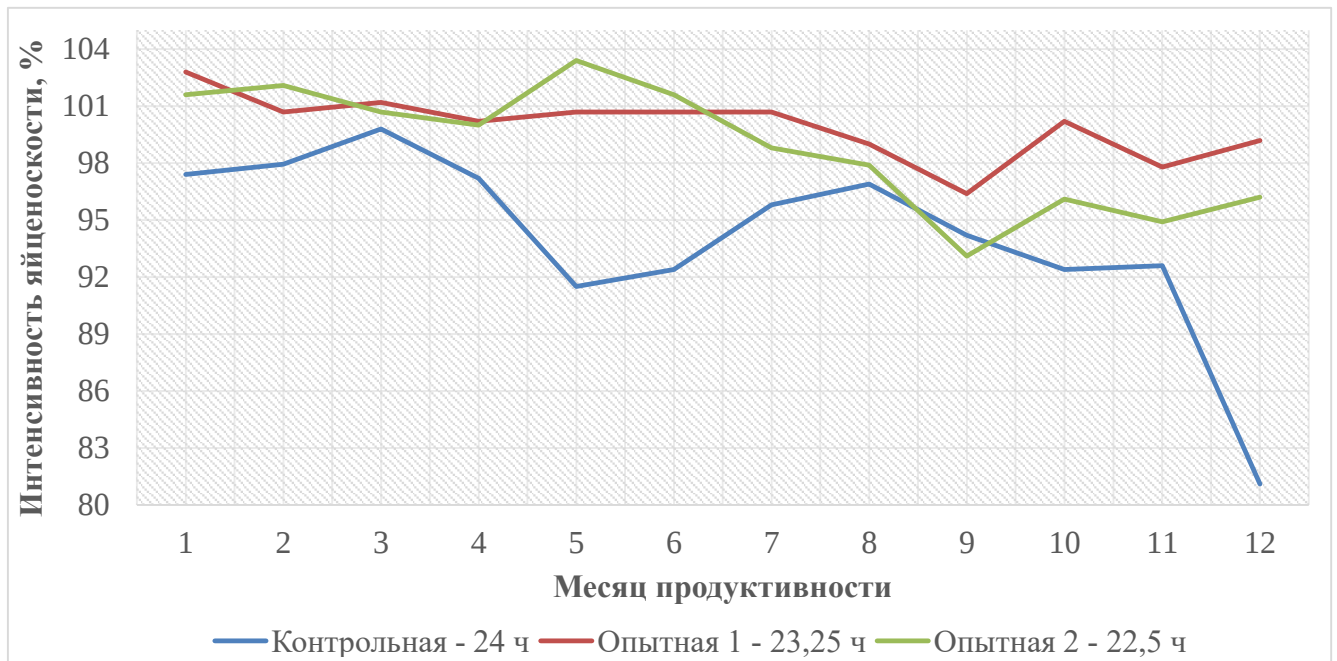


Рисунок 11 – Интенсивность яйценоскости несушек, %

Исходя из приведенных на рисунке 11 результатов наблюдений за интенсивностью яйценоскости несушек, вторая опытная группа успешно выдерживает заданный ритм с периодом 22,5 ч. Вместе с тем, наиболее стабильный ритм сохраняют несушки в опытной группе 1. Динамика интенсивности яйценоскости кур первой и второй опытных групп позволяет заключить что изменение скорости продукционных процессов путем сокращения суточных циклов, лучше согласуется с циркадными ритмам яйцекладки чем при традиционном 24-часовом периоде суток.

Проведенные нами исследования при трех различных значениях продолжительности суточных циклов показали, что период времени формирования яиц имеет различие не только между группами кур, но и не постоянна у одной и той же несушки. Однако период времени формирования яиц в группах характеризуется своим средним значением, который в свою очередь свидетельствует о согласованности внутренних ритмов птицы с внешними. Разделенные по яйценоскости несушки подтверждают, что в опытных группах интенсивность яйценоскости зависит от периода времени формирования яиц (таблица 8).

Таблица 8 – Интенсивность яйценоскости несушек в зависимости от периода времени формирования яиц, %

Месяц продуктивности	Контрольная – 24 ч			Опытная – 23,25 ч			Опытная – 22,5 ч		
	Средняя		Высокая	Средняя		Высокая	Средняя		Высокая
	%	ч	%	ч	%	ч	%	ч	%
Октябрь (31 дн)	96,9±0,9	23:50	98,9±1,4	23:54	102,3±1,4	23:16	104,3±1,3	23:11	101,5±0,6
Ноябрь (30 дн)	97,9±0,8	23:56	97,8±2,6	23:53	100,0±2,0	23:20	102,2±1,4	23:16	102,1±1,1
Декабрь (31)	99,6±0,3	23:58	100±0,1	24:04	100,9±1,1	23:26	102,2±1,3	23:18	100,2±1,3
Январь (31 дн)	96,8±1,0	23:57	98,9±1,3	23:59	99,0±1,6	23:34	103,2±2,3	23:14	99,8±1,2
Февраль (29 дн)	91,8±1,9	24:01	90,3±3,9	24:00	101,0±0,8	23:20	98,9±1,4	23:23	103,2±1,3
Март (31 дн)	91,2±1,0	24:00	96,7±2,4	23:59	100,3±1,2	23:29	101,1±1,3	23:22	101,2±1,2
Апрель (30 дн)	95,3±1,2	23:57	97,8±1,3	24:01	100,0±1,6	23:29	102,2±1,4	23:17	98,7±1,1
Май (31 дн)	96,7±1,2	23:56	97,8±1,4	23:56	98,1±1,4	23:37	102,2±1,3	23:24	97,5±1,2
Июнь (30 дн)	92,9±1,4	23:58	98,9±1,3	24:01	95,7±0,8	23:48	98,9±1,4	23:31	92,8±1,4
Июль (31 дн)	90,6±2,9	24:00	98,9±1,3	24:00	100,0±1,0	23:27	101,1±1,3	23:20	95,5±1,2
Август (31 дн)	91,2±1,2	24:01	97,6±1,5	24:00	96,5±1,6	23:41	102,2±1,3	23:24	94,0±1,4
Сентябрь (30 дн)	77,7±2,5	23:58	93,5±0,1	24:01	98,7±1,4	23:33	101,1±1,4	23:25	95,9±1,3
Интенсивность яйценоскости, %	93,2±0,6	–	97,3±0,5	–	99,4±0,4	–	101,6±0,2	–	98,5±0,5
Время формирования яиц, ч	–	23:59	–	23:58	–	23:30	–	23:20	–
Яйценоскость, за 366 дн, шт. яиц	340,3±2,2		355,0±1,9		364,9±1,2		372,0±0,7		360,6±1,9
Доля особей в группе, %	78,6		21,4		83,3		16,7		93,0
г	–0,08		–0,33		–0,95		–0,81		–0,80
С _н , %	2,04	0,11	0,74	0,21	0,95	0,50	0,30	0,11	1,9
									0,86
									–
									–

Присущие курам эндогенные ритмы могут измениться под влиянием продолжительности суток. Представленные в таблице 8 различия в скорости формирования яиц у несушек, являются тому доказательством. Вместе с тем реализация продуктивности зависит от согласованности периодов эндогенного ритма с внешним. Таким внешним ритмом, определяющим продуктивность кур, можно считать ритмы с периодами 23,25 и 22,5 ч. В частности, высокопродуктивные особи опытных групп отмечаются высокой интенсивностью яйценоскости и периодом времени формирования яиц приближенным к периоду установленных суток. Само собой очевидно, что от таких несушек может наследоваться возможность проявления периодичности в заданных условиях среды. В то же время доля таких несушек, проявляющих высокую яйценоскость при заданных условиях суточной периодичности невелика, в первой опытной группе – 16,7 %, во второй всего 7 %. Чтобы закрепить данный признак, следует вести отбор таких особей в течение нескольких поколений, чтобы создать племенные стада кур, яйценоскость которых на среднюю несушку будет больше, чем календарных дней в году. Вместе с тем, это пока единственный известный способ преодолеть биологическое плато яйценоскости, которое долгие годы остается стабильным у современных яичных пород и кроссов кур.

3.3 Влияние циркадных ритмов на циклы и интервалы яйцекладки несушек

В настоящих исследованиях была изучена одна периодическая функция несушек – яйцекладка, как способ изучения циркадных ритмов кур, при разной продолжительности суток. За начало отчета каждого цикла в яйцекладке мы приняли момент снесения яиц, а временной период между смежными кладками яиц – как время формирования яиц. Время формирования яиц характеризует согласованность циркадных ритмов яйцекладки с продолжительностью суток и имеет высокие уровни корреляции с яйценоскостью ($r = -0,91$ – опытная группа 1 и $r = -0,89$ – опытная группа 2).

При укороченной продолжительности суток 23,25 и 22,5 ч изменяется и скорость процесса яйцеобразования, что требует от кур соответствия внешним

ритмам. Если эти ритмы не выдерживаются, то птица неизбежно берет интервал в яйцекладке. В таблице 9 представлены данные об интенсивности яйценоскости и наличие интервалов в яйцекладке в зависимости от периода суточного цикла.

Таблица 9 – Влияние периода циркадного ритма на интервалы в яйцекладки и интенсивность яйценоскости

Месяц продуктивности	Контрольная		Опытная 1		Опытная 2	
	Интервалы, дн	Интенсивность яйценоскости, %	Интервалы, дн	Интенсивность яйценоскости, %	Интервалы, дн	Интенсивность яйценоскости, %
Октябрь (31 дн)	1,8	93,5	0,3	102,0	0,7	101,3
Ноябрь (30 дн)	0,8	96,7	0,6	100,6	0,9	101,7
Декабрь (31)	0,7	96,8	0,6	100,8	2,2	100,6
Январь (31 дн)	0,6	97,1	1	99,6	2,4	99,2
Февраль (29 дн)	0,7	96,9	0,8	100,4	1,0	102,4
Март (31 дн)	1,1	96,3	0,6	100,6	2	99,8
Апрель (30 дн)	1,1	95,7	1	100,0	2,4	97,8
Май (31 дн)	1,4	94,9	1,1	99,4	2,8	96,7
Июнь (30 дн)	1,7	93,9	2,3	95,5	4,1	92,4
Июль (31 дн)	2,3	92,3	1,3	98,7	3,5	95,1
Август (31 дн)	2,7	90,9	1,9	97,8	3,5	93,9
Сентябрь (30 дн)	2,9	90,1	1,3	98,4	3,2	95,1
М±m	1,5±0,2	94,6±0,7	1,1±0,2	99,5±0,5	2,4±0,3	98,1±1,0
Всего	17,8±1,5	–	13,1±1,8	–	28,7±2,2	–
Яйценоскость на среднюю несушку за 366 дн, шт. яиц	346,2±4,2		364,2±1,8		358,8±2,5	
Количество интервалов / интенсивности яйценоскости, г	–1,0		–0,98		–0,95	

Периодический процесс чередования света и темноты не только синхронизирует циркадные ритмы яйцекладки, но и влияет на скорость процесса образования яиц, и на количество непродуктивных дней в цикле яйцекладки несушек. Сравнение количества интервалов между группами показало, что при режиме освещения с периодом 23,25 ч увеличение числа интервалов в группе начинается лишь с 9-го месяца продуктивности, при этом отмечается высокая интенсивность яйценоскости. Во второй опытной группе количество интервалов за период яйцекладки было больше, чем в первой опытной и контрольной группах.

Однако в первые три месяца продуктивного периода число интервалов оставалось незначительным, и интенсивность яйценоскости не снижалось до 100 %. Их заметный рост также как и в первой группе начался на 9-й месяц яйцекладки. Несмотря на то, что вторая опытная группа по количеству интервалов в яйцекладке почти в двое превосходила контрольную, интенсивность яйценоскости у нее была существенно выше. Данная закономерность объясняется тем, что в опытных группах скорость процесса образования яиц выше, что компенсирует количество непродуктивных дней в цикле яйцекладки. При этом верхние границы интенсивности яйценоскости составили 103,3 % для опытной группы 1 и 106,6 % для опытной группы 2.

Интервалы в яйцекладке несушек можно рассматривать как нарушение согласованности циркадного ритма яйцекладки с внешними суточными циклами. При этом чем значительнее расхождение (или отклонение) между экзогенным периодом и циркадным ритмом яйцекладки, тем выше вероятность возникновения интервалов.

Как показывают результаты наших исследований, циркадные ритмы кур лучше всего, согласуются с 23,25-часовым периодом суток (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние периода циркадного ритма на циклы, интервалы яйцекладки и яйценоскость несушек

Показатели	Группа		
	Контрольная (24 ч)	Опытная 1 (23,25 ч)	Опытная 2 (22,5 ч)
Количество циклов, дн	18,5±1,9	14,1±1,6	29,7±1,9
Количество интервалов, дн	17,8±1,5	13,1±1,8	28,7±2,0
Яйценоскость, шт. яиц	353,4±2,4	369,5±2,0	363,8±2,2
Время, затраченное на яйцекладку, от половозрелости до 520 дн жизни	373,2±1,2	371,8±0,9	374,5±1,1
Длина завершённых циклов, дн	16,4±3,6	33,0±4,6	13,7±1,3

В искусственных циклах чередования света и темноты с периодом 24 ч количество циклов и интервалов яйцекладки заняло промежуточное значение между периодами с 23,25 и 22,5 ч. При этом яйценоскость на среднюю несушку за 520 дн жизни уступала первой опытной группе на 16,1 шт. яиц, а второй опытной группе на 10,1 шт. яиц.

Эффективность циркадного ритма яйцекладки можно оценить по продолжительности циклов яйцекладки под влиянием периодических воздействий суточных циклов. В опытной группе 1 средняя длина цикла на несушку превышает количество календарного месяца, и больше 1,5 раза чем в контрольной группе и в 2,5 раза второй опытной группы, что прямо подтверждает согласованность циркадных ритмов яйцекладки с периодичностью 23,25 ч.

Из наблюдений за индивидуальными особенностями продолжительности циклов яйцекладки было выявлено, что у несушек первой и второй опытной группы длинные циклы яйцекладки сменяются короткими. Кроме того, было установлено, что длинные циклы яйцекладки в опытных группах могут наблюдаться и на 11–12 мес яйцекладки, что представляет практический интерес, поскольку при 24-часовом режиме освещения этого не отмечалось.

Поскольку длинные циклы яйцекладки свидетельствуют о согласованности овуляции и яйцеобразования с задающим ритм суточным периодом, средняя длины цикла яйцекладки по группе позволит выявить периоды, когда яйцекладка лучше всего согласована с продолжительностью суток. Однако индивидуальные различия у кур не дает возможности усреднять данные о длине цикла яйцекладки. Несушки внутри каждой из групп различаются по количеству циклов яйцекладки и их продолжительности, но и по возрасту проявления самых длинных циклов. При этом самые длинные циклы у отдельных особей могут проявляться как в начале учета яйцекладки, так и в конце исследования.

Для выявления оптимального возраста согласования циркадных ритмов яйцекладки у кур с суточной периодичностью 24, 23,25 и 22,5 ч мы рассчитали индивидуально среднюю продолжительность цикла яйцекладки от каждой особи. Затем определяли циклы яйцекладки, превышающие среднее значение по группе, и фиксировали в каком возраст несушек они проявлялись. В результате был получен профиль, отображающий возрастные периоды с наиболее длинными циклами за яйцекладку и долю поголовья, вовлеченного в эти периоды (рисунок 12).

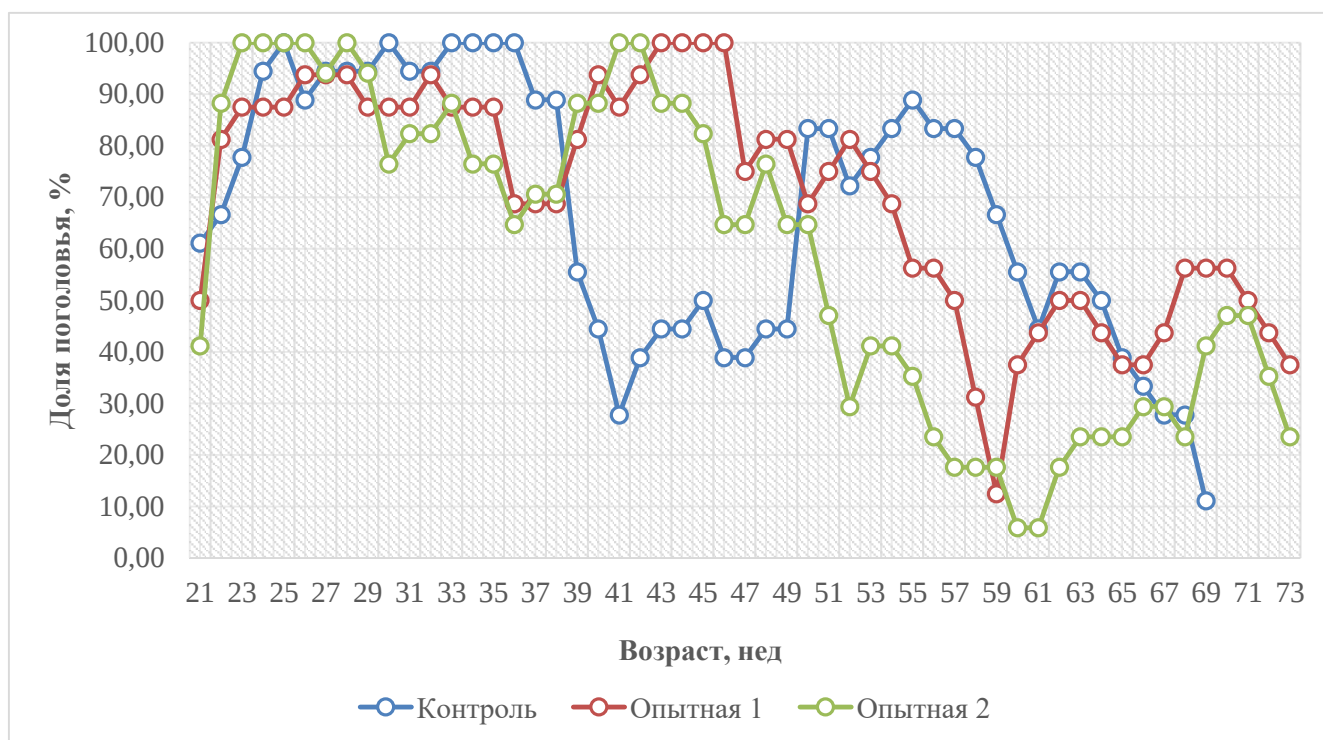


Рисунок 12 – Оптимальный возраст синхронизации яйцекладки кур с периодом циркадного ритма (23,25/22,5/24 ч)

В условиях 24-часового режима освещения наиболее выраженная согласованность циркадных ритмов несушек отмечается в возрасте 23–36 и 50–56 нед жизни. После 69 нед жизни длинные циклы яйцекладки в этой группе не наблюдаются. Напротив, у несушек старше 70 нед жизни возрастает частота интервалов в яйцекладке, что указывает на десинхронизацию циркадных ритмов с заданным суточным периодом.

Циркадные ритмы яйцекладки несушек при 23,25-часовом цикле успешно синхронизируются с внешним ритмом дважды за продуктивный период. Первый период согласованности эндогенных ритмов с внешним приходится на возраст 23–25 нед жизни кур. Второй на 40–45 нед, когда у 100 % поголовья отмечается наиболее продолжительные циклы яйцекладки.

Во второй опытной группе также отмечены два периода успешной синхронизации циркадных ритмов яйцекладки с 22,5-часовой периодичностью, когда 100 % поголовья демонстрировали согласованность внутренних и внешних ритмов в возрастные периоды 23–24 и 39–44 нед жизни кур.

Вместе с тем суточные циклы 24, 23,25 и 22,5 ч сравнительно сильно дифференцируют кур по яйценоскости внутри популяции. В группе с 23,25- часовым периодом продуктивность за 366 дн високосного года варьировала от 348 до 373 шт. яиц. В группе с периодом 22,5 ч разброс по яйценоскости составил от 343 до 378 шт. яиц.

Следовательно, на основании показателей годовой яйценоскости (в период 150–520 дн жизни) несушек опытной группы 1 и 2 мы распределили кур по категориям продуктивности: высокой, средней и низкой. Критерием классификации послужило среднее значение яйценоскости за год (M) и стандартное отклонение (σ).

К птице с высокой яйценоскостью опытной группы 1 относили особей с показателями выше $M + 0,5\sigma$. К низкой – несушек с показателем ниже $M - 0,5\sigma$. Для опытной группы 2, характеризующийся большим разбросом в яйценоскости пороговые значения для отбора установили, как $\pm 1\sigma$. Такой выбор значений стандартного отклонения обусловлен тем, что именно эти значения позволяют ограничить особей с интенсивностью яйценоскости за год свыше 100 %. В обеих группах к несушкам средней яйценоскости относили птицу с промежуточным значением.

Подавляющая доля несушек высокой яйценоскости в опытной группе 1 выявленная по результатам отбора подтверждает эффективную синхронизацию эндогенных ритмов птицы с продолжительностью суток 23,25 ч. В отличие от опытной группы 1 в условиях 22,5-часового циркадного ритма, выполняющего роль более «жесткого» селекционного отбора, в опытной группе 2 была зафиксирована небольшая доля кур с высокой яйценоскостью. При этом яйценоскость на среднюю несушку в данной категории кур составила 372,7 шт. яиц. Основную часть особей второй опытной группы составляла птица средней яйценоскости (64,8 %).

В результате яйценоскость на среднюю несушку за год в группах с высокой средней и низкой продуктивности оказалась выше, чем в контрольной группе.

Исключением стали несушки низкой категории второй опытной группы, с яйценоскостью ниже, чем в контрольной группе.

При сравнении высокопродуктивных и среднепродуктивных особей обеих групп с сопоставимой яйценоскостью, количество интервалов в яйцекладке во второй опытной группе было выше в 2 и 2,5 раза соответственно (таблица 11).

Таблица 11 – Количество интервалов в яйцекладке кур

Месяц продуктивности	Категория продуктивности					
	Опытная 1			Опытная 2		
	высокая	средняя	низкая	высокая	средняя	низкая
Октябрь (31 дн)	0,3±0,3	0,4±0,3	0,3±0,3	0	0,7±0,2	1,0±0,0
Ноябрь (30 дн)	0,1±0,6	1,4±1,3	0,3±0,3	0,3±0,4	1,1±0,4	1,0±0,7
Декабрь (31)	0,3±0,3	0,6±0,5	1,0±0,5	1,7±0,4	2,4±0,4	2,3±0,4
Январь (31 дн)	0,7±0,5	1,2±0,6	1,3±0,6	1,3±0,4	2,3±0,4	3,7±0,4
Февраль (29 дн)	0,4±0,3	0,6±0,3	1,8±1,2	0	0,9±0,3	2,3±0,4
Март (31 дн)	0,4±0,3	0,4±0,3	1,3±0,6	0	1,9±0,3	4,3±1,1
Апрель (30 дн)	0,1±0,2	1,6±0,9	1,8±0,3	2,3±0,4	2,2±0,3	3,3±0,4
Май (31 дн)	0,8±0,3	1,2±0,4	1,5±0,8	2±0,0	2,8±0,4	3,7±0,4
Июнь (30 дн)	1,5±0,2	2,2±0,2	3,5±0,6	3±0,0	4,1±0,4	5±1,2
Июль (31 дн)	0,5±0,2	1±0,5	3,0±0,8	2±0,7	3,5±0,4	5±0,0
Август (31 дн)	1±0,3	2,2±0,8	2,8±0,7	2±1,2	3,6±0,4	4,7±0,4
Сентябрь (30 дн)	0,5±0,2	1±0,4	3,0±0,9	2,3±0,4	3,1±0,4	4,3±0,4
M±m	0,6±0,1	1,2±0,2	1,8±0,3	1,4±0,3	2,4±0,3	3,4±0,4
Всего	6,7	13,8	21,3	17,0	28,6	40,7
Яйценоскость за 366 дн, шт. яиц	370,3±0,2	362,8±0,3	355,5±0,4	372,7±3,3	358,9±0,3	344,7±1,9
Доля несушек, %	43,8	31,2	25,0	17,6	64,8	17,6

Представленные в таблице 11 данные о количестве интервалов в яйцекладке можно рассматривать как адаптацию несушек к суточным циклам, задающим ритм. Это означает что в период яйцекладки птица вынуждена согласовывать скорость продукционных процессов с суточной периодичностью. Оценивая режим освещения с периодом 23,25 ч по количеству интервалов и яйценоскости, он показал эффективную синхронизацию циркадных ритмов яйцекладки с внешним периодом. Доля высокопродуктивных особей данной группы занимает 43,8 % от всей популяции, а яйценоскость на среднюю несушку составляет 370,3 шт. яиц. При этом количество интервалов за год всего 6,7 дн. Стоит отметить, что у

индивидуальных особей при данном режиме освещения интервалов в яйцекладке было не больше 3 дн, а продолжительность цикла яйцекладки составляла от 180 до 231 дн. Даже низкопродуктивные особи содержащиеся при 23,25-часовом дне демонстрируют высокую яйценоскость, при этом доля их в популяции минимальна.

Во второй опытной группе режим освещения с периодом 22,5 ч вызывает более выраженную дифференциацию несушек по яйценоскости, и сопровождается большим числом непродуктивных дней. Вместе с тем несушки в данной группе отличаются высокой яйценоскостью обусловленной высокой скоростью яйцеобразования по сравнению с первой опытной и контрольной группой.

Также от длины внешнего периода, задающего ритм зависит время формирования яиц, и продолжительность интервала между циклами (таблица 12).

Таблица 12 – Количество интервалов в яйцекладке и период времени формирования яиц в зависимости от продолжительности циркадного ритма ($M \pm m$)

Показатели	Группа		
	Контрольная (24 ч)	Опытная 1 (23,25 ч)	Опытная 2 (22,5 ч)
Продолжительность интервала, ч	48:02 $\pm$ 0:32	39:56 $\pm$ 0:29	38:36 $\pm$ 0:20
Время формирования яиц в цикле, ч	24:01 $\pm$ 0:02	23:38 $\pm$ 0:04	23:35 $\pm$ 0:04
Количество интервалов, дн	17,8 $\pm$ 2,4	13,1 $\pm$ 1,8	28,7 $\pm$ 2,0
Корреляционная зависимость длины цикла и времени формирования яиц в цикле	–0,1	–0,4	–0,7

Примечательно, что продолжительность интервала в контрольной группе в среднем больше, чем в первой и второй опытных группах на 8,1 и 9,4 ч соответственно, хотя суточный цикл контрольной группы превышает их всего на 0,75 и 1,5 ч. Тем самым режимы освещения с периодом 23,25 и 22,5 ч быстрее восстанавливают циклы яйцекладки у кур относительно 24-часового периода, что способствует продуктивному использованию периода яйцекладки.

Также интервалы в яйцекладки в опытных группах увеличивали время формирования яиц в цикле, в среднем отклонение от суточного цикла в первой

опытной группе составляла – 0,38 ч, во второй опытной группе – 1,08 ч. Поскольку ранее было установлено, что циклы яйцекладки у несушек опытных групп имеют параболическую форму, их особенность заключается в том, что в начале и конце цикла яйцекладки время формирования яиц превышает период внешнего суточного цикла. В длинных циклах этот показатель соответствует продолжительности суток, тогда как короткие отклоняется от нее.

У кур, разделенных по категориям продуктивности, четко прослеживается данная зависимость циклов и интервалов в яйцекладке от времени формирования яиц (таблица 13).

Таблица 13 – Количество циклов, интервалов и яйценоскость несушек при разных циркадных ритмах

Показатели	Опытная 1 – 23,25 ч			Опытная 2 – 23,25 ч		
	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая
Количество циклов, дн	8,0±1,0	15,6±1,2	20,6±3,2	19,0±3,2	29,6±1,6	40,3±1,8
Время формирования яиц в цикле, ч	23:31±0:05	23:41±0:04	24:03±0:02	23:08±0:03	23:39±0:04	23:47±0:07
Количество интервалов, дн	6,8±1,0	13,8±0,7	21,3±4,1	18±3,7	28,6±1,7	39,7±2,2
Продолжительность интервалов, ч	39:29±0:24	40:10±1:11	39:52±0:27	37:18±1:21	38:39±0:22	39:40±0:28
Яйценоскость за 520 дн жизни, шт. яиц	377,6±1,2	368,4±1,6	361±3,1	373,7±4,3	364,2±2,2	352,3±5,4
Яйценоскость за 366 дн, шт. яиц	370,3±0,2	362,8±0,3	355,5±0,4	372,7±3,3	358,9±0,3	344,7±1,9
Время, затраченное на яйцекладку, дн	372,8±0,8	372,4±1,0	371,3±3,2	371±1,9	374,9±1,6	376,3±3,6
Длина завершенных циклов, дн	52,7±7,2	24,6±2,0	18,4±2,9	21,2±4,3	13,0±0,9	8,9±0,5

Сравнение времени формирования яиц в зависимости от категории продуктивности несушек показало, что у высокопродуктивных кур первой опытной группы этот показатель отклонялся 23,25-часового периода на 0,26 ч, тогда как у низкопродуктивных – на 0,8 ч. При этом низкопродуктивные несушки опытной группы 1 превышали высокопродуктивных на 12,6 дн. Во второй опытной

группе отклонение времени формирования яиц от 22,5-часового периода у высокопродуктивных кур составило 0,63 ч, а низкопродуктивных – 1,28 ч.

Следовательно, циркадные ритмы, синхронизированные с суточными циклами, определяют время формирования яиц как селекционный признак. Соответствие этого показателя с суточной периодичностью обуславливает яйценоскость птицы, поскольку время формирования яиц служит внешним указателем согласованности циркадных ритмов яйцекладки, от которого зависит длина циклов и количество интервалов яйцекладки.

Также стоит отметить, что разная продолжительность суточного цикла оказывает неодинаковое влияние на циркадные ритмы кур. Это проявляется в том, что длина внешнего периода по-разному распределяет несушек по яйценоскости и однородности внутри группы, а также отражается на продолжительности интервалов между циклами яйцекладки и временем снесения яиц.

Поскольку изменения времени формирования яиц при различных периодах суток носят адаптивный характер и определяют яйценоскость, то циркадные ритмы кур, по-видимому, могут регулироваться не только в этом отношении. В связи с этим представляется важным изучить влияние спектрального состава света, его интенсивности, а также соотношение

3.4 Способ отбора кур по рангам интенсивности яйценоскости

Время формирования яиц в яйцеводе свидетельствует о интенсивности продукционных процессов, проходящих в отделах яйцевода птицы.

В птицеводстве показатель «интенсивность яйценоскости» определяют, как отношение числа снесенных яиц за определенный период, к поголовью несушек за этот период и выражается в процентах. Этот показатель свидетельствует о времени яйцеобразования и соответствии его периоду ритма.

Интенсивность яйценоскости несушек по месяцам и в целом по группе зависела от навязанного птице циркадного ритма. Яйценоскость у всех несушек была высокой, динамика яйцекладки соответствовала нормативной для кросса. В то же время показатели обеих опытных групп достоверно превышала

яйценоскость кур в контроле. Коэффициент вариации в опытных группах несушек был в пределах 4,1–4,4 %, что свидетельствует о достаточной консолидации по признаку интенсивности яйценоскости. Вариабельность признака, в контроле выше в два раза. (таблица 14).

Таблица 14 – Динамика интенсивности яйценоскости в группах кур при разных периодах циркадного ритма, %

Месяцы	Период ритма, час					
	Контроль – 24		Опыт 1 – 23,25 ч		Опыт 2 – 22,5 ч	
	%	Кол-во яиц, шт.	%	Кол-во яиц, шт.	%	Кол-во яиц, шт.
Октябрь (31 дн)	95,7	28,7	102,2	31,6	101,3	31,4
Ноябрь (30 дн)	95,9	29,7	100,6	30,2	102,0	30,6
Декабрь (31)	97,8	29,3	100,8	31,3	100,6	31,2
Январь (31 дн)	96,6	29,9	99,6	30,9	99,2	30,8
Февраль (29 дн)	88,4	27,4	100,4	29,1	102,4	29,7
Март (31 дн)	85,7	26,6	100,6	31,2	99,8	30,9
Апрель (30 дн)	91,2	28,3	100,0	30,0	97,8	29,4
Май (31 дн)	95,4	28,6	99,4	30,8	97,0	30,1
Июнь (30 дн)	92,5	28,7	95,6	28,7	92,3	27,7
Июль (31 дн)	90,3	28,0	98,7	30,6	95,0	29,5
Август (31 дн)	88,3	24,7	97,9	30,3	94,0	29,1
Сентябрь (30 дн)	76,0	23,6	98,4	29,5	95,1	28,5
M±m	91,2±1,8	27,8±0,6	99,4±0,5	30,4±0,3	98,0±1,01	29,9±0,3
Итого	–	333,5	–	364,2	–	358,9
Cv, %	10,5	–	4,1	–	4,4	–

В качестве методического приема оценки несушек использовали метод ранжирования по признаку интенсивности яйценоскости. Интенсивность яйценоскости определяли индивидуально для каждой несушки, как частное от деления числа яиц, снесенных за месяц на число дней в месяце, выраженное в процентах. Первый ранг присваивали курам с высокой яйценоскостью за месяц по группе. Наибольший ранг соответствовал особям с самой низкой яйценоскостью (таблица 15–17).

Таблица 15 – Ранжирование несушек контрольной группы по признаку яйценоскости

№ несушки	Ранг по группе	Средний ранг несушки	Яйценоскость за год, шт. яиц.	Дней в месяце												Всего за 12 месяцев яйцекладки, шт. яиц	Яйценоскость за 520 дн жизни	Снесено яиц с половозрелости до 150 дн	
				Ранг особи по интенсивности яйценоскости, %															
				30	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31				
7	2,24	1,42	358	II	I	I	I	III	I	II	II	II	I	I	I	I	367	9	
17		1,75	354	I	I	I	I	III	III	II	II	II	II	II	II	II	360	6	
4		1,83	353	I	III	I	II	VI	II	I	I	I	I	I	I	I	361	8	
13		1,92	350	II	I	I	I	II	III	I	I	I	II	II	IV	III	359	9	
18		1,92	352	III	II	I	II	I	I	V	III	I	I	I	I	II	I	360	8
19		2,50	343	III	I	I	I	IV	IV	II	II	I	II	III	IV	IV	349	6	
9	346,7	2,58	341	II	III	I	I	IV	III	IV	III	III	III	III	II	II	342	1	
3		2,67	341	I	I	II	IV	III	IV	II	II	III	III	III	III	IV	348	7	
12		2,67	341	I	I	I	II	II	II	II	II	III	III	V	V	VI	350	9	
20		2,67	341	II	II	I	II	II	V	II	II	I	III	IV	IV	IV	348	7	
6		2,75	340	III	III	I	III	V	IV	II	II	III	III	III	II	II	5	345	5
		Средний ранг по группе			1,91	1,73	1,09	1,82	3,18	3,27	2,09	1,64	2,18	2,55	2,82	2,64	—	—	—
16	3,61	3,17	330	I	I	I	II	III	III	I	II	III	V	VIII	IV	VII	340	10	
10		3,33	332	II	II	I	I	VII	IV	IV	III	IV	IV	III	IV	V	342	10	
2		3,42	332	I	I	I	III	VI	III	IV	II	VI	VI	IV	IV	VI	339	7	
1		3,75	315	I	I	I	I	V	V	VI	V	V	III	V	V	VII	323	8	
5		3,67	312	II	I	I	II	IX	VII	V	V	II	III	III	III	VI	302	7	
14		4,33	311	IV	IV	III	I	IV	IV	IV	V	II	VI	VI	VI	VII	318	7	
Средний ранг по группе				1,83	1,67	1,33	1,67	5,67	4,33	4,17	2,67	4,50	4,83	4,33	6,33	—	—	—	
8	6,08	6,08	242	V	V	IV	V	VIII	VI	VII	IV	VII	VII	VII	VIII	242,0	246	4	

Таблица 16 – Ранжирование несушек опытной группы 1 по признаку яйценоскости

№ несушки	Ранг по группе	Средний ранг несушки	Яйценоскость за год, шт. яиц	Дней в месяце												Всего за 12 мес яйцекладки, шт. яиц	Яйценоскость за 520 дн. жизни	Снесено яиц с половозрелости до 150 дн
				31	30	31	31	31	29	31	30	31	30	31	30			
				Ранг особи по интенсивности яйценоскости, %														
3	1,97	1,8	373	II	I	III	I	II	III	II	I	II	I	I	II	383	10	
17		1,8	372	I	I	II	III	II	II	II	II	I	II	II	II	378	6	
6		1,9	371	II	II	II	II	III	III	III	I	I	I	II	I	381	10	
4		2,1	369	I	II	IV	VI	I	II	II	I	II	I	II	I	369		
9		2,1	369	IV	I	II	II	II	IV	I	II	II	II	II	I	376	7	
18		2,17	368	II	I	II	V	I	II	II	V	I	I	II	II	378	10	
Средний ранг по группе				2,0	1,3	2,5	3,2	1,8	2,7	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,7	1,5	–	
15	2,7	2,3	363	IV	IV	I	II	II	III	III	I	II	III	II	I	370	7	
7		3,1	351	II	II	IV	IV	III	III	X	II	II	I	II	II	356	5	
16		2,5	364	II	II	II	II	II	I	V	III	III	II	IV	II	373	9	
2		2,58	363	I	I	IV	IV	II	III	II	II	II	I	IV	III	373	10	
13		2,7	362	IV	I	II	IV	I	I	III	II	III	III	II	IV	367	5	
11		2,8	360	II	I	III	II	I	III	IV	III	III	III	V	IV	368	8	
5	Средний ранг по группе	2,9	357	IV	I	IV	IV	I	II	V	II	III	IV	II	II	359	2	
Средний ранг по группе				2,9	1,7	2,9	3,1	1,7	2,6	4,4	2,3	2,6	2,4	3,3	2,6	–		
12		3,5	348	II	III	III	IV	IV	IV	IV	I	I	IV	V	III	V	351	3
10		3,7	343	I	II	III	II	II	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	358	15
Средний ранг по группе				1,5	2,5	3,0	3,0	3,0	4,5	4,0	2,5	7,0	4,0	3,5	4,5			

Таблица 17 – Ранжирование несушек опытной группы 2 по признаку яйценоскости

№ несушки	Ранг по группе	Средний ранг несушки	Яйценоскость за год, шт. яиц	Дней в месяце												Всего за 12 мес яйцекладки, шт. яиц	Яйценоскость за 520 дн. жизни	Снесено яиц с половозрелости до 150 дн
				31	30	31	31	31	29	31	31	30	31	30	31			
				Ранг особи по интенсивности яйценоскости, %														
8	1,97	1,42	378	I	II	II	II	I	I	II	I	II	I	I	I	380	2	
16		1,83	371	I	I	III	III	I	I	III	II	II	II	II	I	377	6	
11		2,00	369	I	II	IV	I	I	I	II	III	I	I	II	V	I	370	1
5		2,25	366	I	I	II	III	III	I	II	I	III	II	III	III	V	373	7
3	Средний ранг по группе	2,33	366	III	III	II	I	I	II	II	II	IV	III	III	II	I	366	
9		2,42	364	II	II	V	IV	V	II	I	II	II	2	2,2	2,6	1,8		
17		2,42	364	I	II	III	IV	IV	II	I	II	II	III	IV	IV	I	370	6
1		2,42	365	I	II	I	II	II	IV	III	II	II	IV	III	III	II	374	9
15	2,98	3,00	357	I	III	IV	V	I	III	II	III	III	III	III	IV	IV	357	
6		3,17	355	II	II	II	IV	IV	II	1	1	V	V	V	VII	III	363	8
14		3,25	354	II	II	III	IV	II	III	IV	II	II	VI	IV	IV	III	363	9
7		3,33	353	II	IV	IV	II	I	IV	III	II	II	V	V	VI	II	361	8
10	Средний ранг по группе	3,42	352	II	II	IV	IV	III	V	IV	IV	III	IV	IV	IV	II	358	6
4		3,42	352	I	V	III	III	II	IV	III	VI	VI	V	V	IV	III	363	11
Средний ранг по группе		1,56	2,67	3,22	3,56	2,44	3,11	2,56	2,67	3,67	3,78	4,22	2,33					
13		3,92	346	II	II	III	IV	IV	V	IV	IV	V	V	V	V	IV	359	13
2	4,00	4,00	345	II	IV	III	IV	III	V	IV	IV	IV	V	V	VI	III	354	9
12		4,08	343	II	II	III	V	IV	VI	IV	V	V	V	V	V	V	344	1
Средний ранг по группе				2,00	2,67	3,00	4,33	3,67	5,33	4,00	4,33	4,33	4,33	5,00	5,33	4,00		

Применяя ранжирование несушек по показателю интенсивность яйценоскости были определены куры с низким, средним и высоким рангом в каждой группе (таблица 18).

Таблица 18 – Ранговое распределение несушек в зависимости от интенсивности яйценоскости при разных периодах циркадного ритма

Месяц продуктивности	Контрольная–24 ч			Опытная 1 – 23,25 ч			Опытная 2 – 22,5 ч		
	Ранг несушек по интенсивности яйценоскости								
	2,24	3,61	6,08	1,96	2,67	3,58	1,97	2,98	4,00
	Интенсивность яйценоскости, %								
1	96,97	97,2	73,3	103,23	100,8	103,2	101,9	101,4	100,0
2	97,65	96,24	74,2	102,22	99,58	96,67	104,0	101,1	101,1
3	99,70	98,33	73,3	101,61	100,4	100,0	102,6	99,6	100,0
4	97,36	97,85	80,7	99,46	100,0	93,6	103,2	98,2	95,7
5	92,96	83,33	67,7	100,57	100,86	93,1	106,2	101,9	97,7
6	92,42	77,78	60,0	101,08	100,40	96,77	105,2	99,6	91,4
7	96,48	87,63	54,8	103,33	97,50	96,67	100,0	98,2	93,3
8	97,58	92,78	86,7	100,00	98,39	103,2	98,1	97,9	92,5
9	96,19	88,71	74,2	98,33	94,58	86,67	96,7	91,1	88,9
10	95,01	85,48	67,7	101,61	97,98	87,10	99,4	94,3	90,3
11	93,51	85,12	50,0	101,08	95,56	96,77	98,7	92,8	89,3
12	84,16	90,04	32,3	101,67	97,50	86,67	97,3	95,6	90,0
Средняя за 12 месяцев	95,0	90,04	66,3	101,2	98,6	95,03	101,1	97,6	94,2
Яйценоскость (366 дн.), шт. Яиц.	346,7 ±2,1	322,0 ±4,6	242,0	370,3 ±0,8	361 ±1,03	348	370 ±2,5	357,3 ±1,9	344,7 ±1,1
Доля несушек в группе, %	61,11	33,33	5,56	40	53,3	6,7	29,4	52,9	17,6

В опытных группах к птице с низким рангом яйценоскости, соответствовали несушки, имеющие интенсивность кладки выше 100 % за год (366 дн в 2024 г), а их яйценоскость за этот период выше, чем количество дней в году. Интенсивность яйценоскости несушек с средними и высокими рангами в опытных группах также была высокой и превышала нормативные показатели кросса. Таким образом, циркадные ритмы с периодами 23,25 и 22,5 ч способствовали повышению интенсивности яйценоскости несушек. Ранг несушки отрицательно и высоко коррелирует с яйценоскостью несушек за год на уровне $r = -0,96$ для контрольной группы; $r = -0,98$ для опытной 1; $r = -0,99$ для второй опытной группы.

Отличительная особенность несушек опытных групп с низким рангом в том, что на протяжении нескольких первых месяцев продуктивного периода интенсивность яйценоскости их выше или равна 100 %, в середине кладки она несколько снижается, но снова нарастает к концу продуктивного периода. Показатели яйценоскости кур учитывались в течение 366 дн продуктивного периода и высокие показатели интенсивности яйценоскости к моменту выбраковки птицы, внушают определенный оптимизм в продлении продуктивного периода птицы.

Интенсивность яйценоскости кур характеризует частоту снесения яиц за определенный период и детерминирована временем формирования яиц в яйцеводе (таблица 19).

Таблица 19 – Период формирования яиц в яйцеводе несушек с разными рангами интенсивности яйценоскости

Месяц продуктивности	Контрольная–24 ч			Опытная 1–23,25 ч			Опытная 2–22,5 ч		
	Ранг несушек по интенсивности яйценоскости								
	2,24	3,61	6,08	1,96	2,67	3,58	1,97	2,98	4,00
	Время формирования яиц, ч								
1	23:49	24:01	23:53	23:13	23:17	23:20	23:18	23:13	23:16
2	23:55	23:55	23:59	23:16	23:22	23:34	23:11	23:25	23:20
3	23:59	23:59	24:12	23:23	23:26	23:48	22:50	23:10	23:12
4	23:57	23:58	23:54	23:28	23:33	23:59	22:40	23:17	23:35
5	24:01	24:02	23:50	23:19	23:21	24:01	22:34	22:49	23:14
6	24:00	23:57	23:47	23:25	23:28	23:46	22:38	23:06	23:28
7	23:58	24:00	23:59	23:15	23:38	23:59	23:07	23:16	23:24
8	23:56	23:54	23:49	23:24	23:42	23:22	23:20	23:21	23:45
9	24:01	23:55	24:02	23:40	23:52	24:09	23:31	23:48	24:03
10	24:01	23:59	24:03	23:20	23:36	24:35	22:52	23:41	23:59
11	24:02	24:00	23:53	23:26	23:45	23:52	22:43	23:39	23:47
12	23:59	23:56	23:53	23:21	23:38	24:08	22:56	23:28	23:54
Среднее время формирования яиц, ч/мин	23:58	23:58	23:56	23:23	23:33	23:53	22:59	23:21	23:35
Яйценоскость (366 дн.), шт. Яиц.	346,7± 2,1	322± 4,6	242	370,3± 0,8	361± 1,03	348	370± 2,47	357,3± 1,9	344,7± 1,08
Яйценоскость за 520 дн жизни	353,5± 2,5	329± 5,8	246	376± 1,8	366,25± 1,8	356	373,2± 2,77	364,33± 2,04	352,3± 5,4
Доля несушек в группе, %	61,1	33,3	5,56	40	53,3	6,7	29,4	52,9	17,6

Время формирования яиц в яйцеводе определяет интенсивность яйценоскости кур и зависит от периода циркадного ритма. У ритма нет четко определенного периода, но есть диапазон, в пределах которого период может меняться в зависимости от внешних условий. Если изменение периода циркадного ритма вызывает адекватную реакцию периода формирования яиц в яйцеводе, это свидетельствует о согласованности двух ритмов. У ряда несушек такая синхронизация бывает неполной, когда период формирования яиц больше или меньше периода циркадного ритма. В группах встречаются несушки, для которых свойственна асинхронность в ритмах. Яйценоскость таких кур существенно ниже, чем птицы других категорий.

Временная организация всех процессов жизнедеятельности любого организма обусловлена его генотипом и наличием в нем специфических генов времени. Таким образом, время любого ритма может являться признаком отбора по формированию желательного уровня продуктивности и повышения полноты реализации генетического потенциала продуктивности животного. Яйценоскость домашней птицы – основной селекционируемый признак, который напрямую зависит от времени формирования яиц в яйцеводе. Сокращение времени формирования яиц, повышает интенсивность яйценоскости кур.

В яйцекладки кур существуют периоды наиболее успешной синхронизации ритмов – это первые 4–5 мес продуктивного периода. Так ранг высокопродуктивных несушек по интенсивности яйценоскости за первые четыре месяца кладки и яйценоскостью кур за год корреляция была отрицательной и варьировала от $-0,48$ для контрольной и второй опытной групп, до $-0,69$ в группе с периодом 23,25 ч.

3.5 Способ раннего прогнозирования яйценоскости кур

Сокращение длины суток до 23,25 и 22,5 ч повышает скорость яйцеобразования относительно 24-часового периода. При непрерывном цикле яйцекладки разница в скорости формирования яиц становится объективно заметна

через 30 и 15 календарный дней соответственно, поскольку несушки за этот период сносят на одно яйцо больше.

Теоретически интенсивность яйценоскости при непрерывной цикле яйцекладки при различной длине суточного цикла будут иметь следующие значения, при ритме 24 ч – 100 %, 23,25 ч – 103,3 %, 22,5 ч – 106,6 %. Следовательно, отбирать несушек с годовой яйценоскостью свыше 100 % в опытных группах является вполне достижимым результатом.

Ранний отбор по яйценоскости предполагает поиск признака, коррелирующего с яйценоскостью и проявляющегося уже в начале продуктивного периода. В качестве такого признака может выступать интенсивность яйценоскости, поскольку она высоко коррелирует с временем формирования яиц, а также отражает способность птицы синхронизировать яйцекладку с суточными циклами. С целью определения оптимального возраста отбора несушек была определена зависимость между интенсивностью яйценоскости за первые 3–5 мес яйцекладки и яйценоскостью кур за год. Рассчитанные коэффициенты корреляции представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Корреляции интенсивности яйценоскости в период 3–5 мес продуктивности с яйценоскостью несушек

Показатели	Контрольная–24 ч		Опытная 1–23,25 ч		Опытная 2–22,5 ч	
	г	%	г	%	г	%
г – за 3 мес	0,83	96,5±0,8	0,43	101,1±0,6	0,59	101,3±0,5
г – за 4 мес	0,85	96,5±0,5	0,50	100,6±0,6	0,74	100,8±0,5
г – за 5 мес	0,91	94,9±1,4	0,56	100,6±0,5	0,77	101,1±0,6

Данные таблицы 20 показывают наличие высокой корреляционной связи между годовой яйценоскостью контрольной группы и интенсивностью яйценоскости в первые месяцы продуктивного периода. Различие особей по яйценоскости проявляется уже в начале яйцекладки. Особи, которые успешно адаптировались к данному режиму в начале кладки, сохраняют стабильно высокую яйценоскость в дальнейшем. В то же время при использовании 24-часового периода освещения интенсивность яйценоскости не превышала 100 %. При этом уровень корреляции с возрастом несушек возрастает, что позволяет проводить отбор

высокопродуктивных кур на основе показателя интенсивности яйценоскости за 5 мес яйцекладки.

У несушек, содержащихся при 22,5-часовом периоде, точность прогноза повышается при учете интенсивности яйценоскости за 4 мес яйцекладки, к этому возрасту коэффициент корреляции между рассматриваемыми признаками составил, $r = 0,77$. Данный режим освещения позволяет отбирать высокопродуктивных кур с интенсивностью яйценоскости в диапазоне от 101,0 до 106,6 %.

На основании данных зависимости интенсивности яйценоскости и продуктивности несушек был предложен способ раннего прогнозирования яйценоскости и отбора кур (таблица 21).

Таблица 21 – Результаты раннего отбора несушек по уровню интенсивности яйценоскости в условиях 22,5-часового циркадного ритма

Месяц продуктивности	Высокопродуктивные		Низкопродуктивные	
	%	шт. яиц	%	шт. яиц
1	101,9	31,6±0,4	101,1	31,3±0,1
2	104,0	31,2±0,4	101,1	30,3±0,3
3	102,6	31,8±0,7	99,7	30,9±0,4
4	103,2	32,0±0,5	97,6	30,3±0,3
5	106,2	30,8±0,2	100,9	29,3±0,4
6	105,2	32,6±0,3	97,6	30,3±0,5
7	100,0	30,0±0,4	96,9	29,1±0,4
8	98,1	30,4±0,6	96,5	29,9±0,5
9	96,7	29,0±0,4	90,5	27,2±0,4
10	99,4	30,8±0,4	93,3	28,9±0,4
11	98,7	30,6±0,9	91,9	28,5±0,4
12	97,3	29,2±0,9	94,2	28,3±0,4
Средняя за 12 месяцев	101,1±0,9	370,0±2,5	96,7±1,1	354,2±0,2
г за 4 мес	0,7		0,5	
Доля несушек в группе, %	29,4		70,6	
Lim годовой яйценоскости, шт. яиц	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>
	378	366	364	343
Сv, год %	1,3	—	1,7	—

Способ раннего прогнозирования яйценоскости кур при 22,5-часовом периоде суток заключается в отборе особей со средней по группе интенсивностью яйценоскости за 4 мес яйцекладки в диапазоне 101,0–106,6 %. У таких особей

выявлена высокая корреляционная связь с яйценоскостью, превышающей число дней в году. Использование признака интенсивность яйценоскости в качестве критерия отбора позволил дифференцировать птицу по годовой яйценоскости

Несушки, у которых интенсивность яйценоскости за первые 4 мес яйцекладки находилась в пределах 101,0–106,6 %, были отнесены к категории высокопродуктивных. На протяжении всего периода яйцекладки они стабильно превосходили низкопродуктивных особей по яйценоскости. Размах вариации по яйценоскости высокопродуктивных несушек составлял – 12 шт. яиц от минимального 366 шт. яиц за год до 378 шт. яиц. В то же время у низкопродуктивных несушек яйценоскость за год варьировала в диапазоне от 343 до 364 шт. яиц с размахом вариации 21 шт. яиц.

На рисунке 13 отражена динамика ежемесячного превышения высокопродуктивными несушками низкопродуктивных по количеству яиц в условиях 22,5-часового дня.

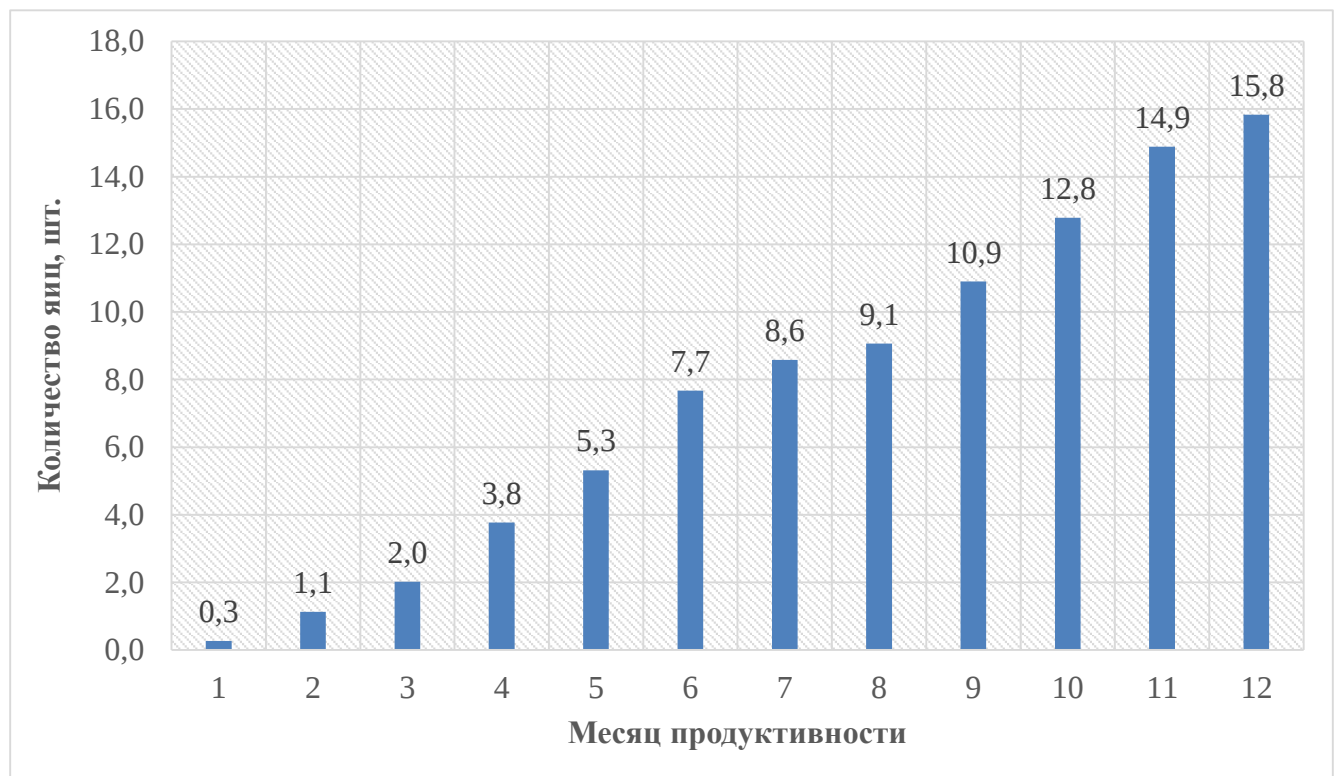


Рисунок 13 – Динамика разницы в яйценоскости высоко- и низкопродуктивных кур

В первые три месяца яйцекладки различия в продуктивности между высоко- и низкопродуктивными несушками были минимальными, существенное

превышение по числу яиц на среднюю несушку отмечено на 4-й месяц. За четыре продуктивных месяца высокопродуктивные несушки опережали низкопродуктивных особей в среднем на 3,8 шт. яиц, а за год разница между группами достигла в 15,8 шт. яиц. Подобная динамика, при которой выраженное превышение в продуктивности начинается именно на 4-й месяц, подтверждает обоснованность предложенного срока раннего отбора несушек по яйценоскости и одновременно свидетельствует в разлчие согласованности циркадных ритмов кур между группами при суточном цикле 22,5 ч. Вместе с тем степень синхронизации ритмов у птиц может быть оценена не только по уровню яйценоскости несушек, но и по времени формирования яиц и его отклонения от заданной суточной периодичности (таблица 22).

Таблица 22 – Интенсивность яйценоскости и время формирования яиц по результатам отбора кур при периоде ритма 22,5 ч

Месяц продуктивности	Высокопродуктивные			Низкопродуктивные		
	Интенсивность яйценоскости, %	Время формирования яиц, ч	Отклонение от ритма, %	Интенсивность яйценоскости, %	Время формирования яиц, ч	Отклонение от ритма, %
1	101,9	23:18	0:48	101,1	23:14	0:44
2	104,0	23:11	0:41	101,1	23:24	0:54
3	102,6	22:50	0:20	99,7	23:11	0:41
4	103,2	22:40	0:10	97,6	23:21	0:51
5	106,2	22:34	0:04	100,9	22:55	0:25
6	105,2	22:38	0:08	97,6	23:11	0:41
7	100,0	23:07	0:37	96,9	23:18	0:48
8	98,1	23:20	0:50	96,5	23:27	0:57
9	96,7	23:31	1:01	90,5	23:52	1:22
10	99,4	22:52	0:22	93,3	23:46	1:16
11	98,7	22:43	0:13	91,9	23:41	1:11
12	97,3	22:56	0:26	94,2	23:34	1:04
Средняя за 12 мес	101,1±0,9	22:59±0:05	0:29±0:05	96,8±0,6	23:24±0:02	0:54±0:04
r	-0,56			-0,87		
Cv, %	3,1	1,3	—	3,8	1,1	—
Cv, год %	1,3	0,7	—	1,7	0,8	—

Как видно в таблице 22, чем меньше отклонение от периода 22,5 ч, тем выше интенсивность яйценоскости. Характер яйцекладки высокопродуктивных кур отличается тем, что с 1 по 7 месяц продуктивности интенсивность яйценоскости у них не снижается ниже 100 %. В пик яйцекладки на 5-й месяц продуктивности достигается высокая согласованность циркадных ритмов с внешним периодом суток, отклонение времени формирования яиц от 22,5-часового ритма составляет всего 4 мин.

Таким образом отбор несушек по интенсивности яйценоскости за первых 4 мес яйцекладки в диапазоне 101,0–106,6 % позволяет прогнозировать высокую яйценоскость кур и отбирать особей на раннем этапе продуктивности. Так как суточные цикла с периодом 22,5 ч дифференцируют несушек по яйценоскости в ранние месяцы яйцекладки.

3.6 Морфологические показатели яиц при разных периодах циркадного ритма

В ходе исследования изучали влияние циркадных ритмов на физические и морфологические показатели яиц кур. Известно, что изменение параметров светового режима влияет на массу яйца и его компоненты [8, 9]. Кроме того, масса яиц отрицательно коррелирует с яйценоскостью [9]. Несушки опытных групп содержались в условиях отличных от обычного земного 24-часового периода и показывали существенно более высокую яйценоскости. Изучение влияния 23,25 и 22,5-часового периодов освещения на морфологические показатели яиц имеет практическое значение, поскольку как товарные, так и инкубационные яйца должны соответствовать определенным параметрам.

В наших исследованиях масса снесенных яиц закономерно увеличивалась с возрастом птицы независимо от периода суточного цикла. В тоже время, контрольная группа несушек во все возрастные периоды превосходила несушек опытных групп по массе яиц (рисунок 14).

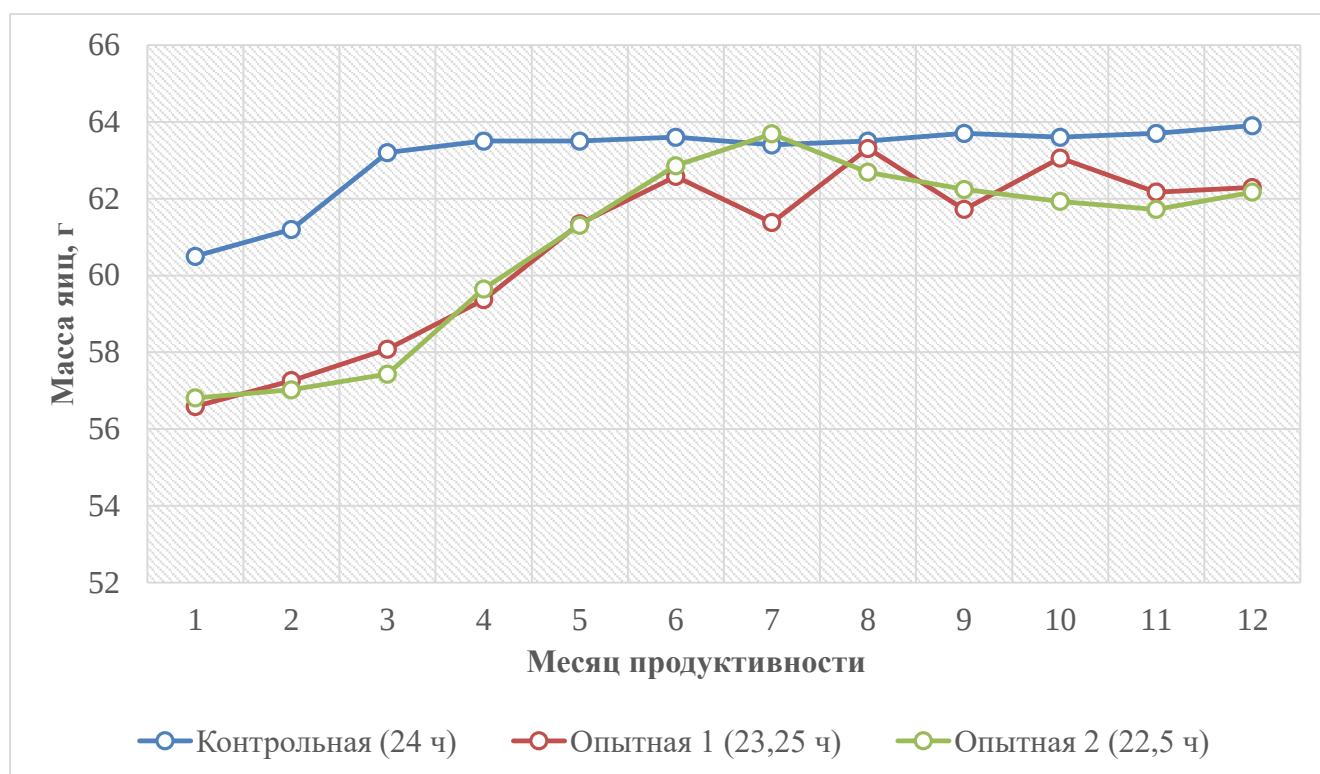


Рисунок 14 – Динамики массы яиц при разных циркадных ритмах

Мы предполагаем, что выявленные различия по массе яиц между контрольной и опытными группами, обусловлены высокой яйценоскостью кур опытных групп. Высокая яйценоскость и масса яиц как правило имеют отрицательную корреляционную связь. Известно, что в пределах одного цикла яйцекладки масса последовательно сносимых яиц постепенно снижается, а самые тяжелые яйца сносятся в начале и конце цикла [8]. Это вполне закономерно, поскольку известно, что в начале и конце цикла яйцекладки несушки затрачивают больше времени на формирования яиц. По результатам наших исследований между массой яиц и продолжительностью цикла яйцекладки была установлена отрицательная корреляционная связь. В опытной группе 1 коэффициент корреляции составил $r = -0,27$, в опытной группе 2 $r = -0,51$.

Морфологические показатели яиц несушек, содержащиеся при разных периодах суток представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Динамика физических показателей яиц кур в зависимости от периода циркадного ритма

Месяц продуктивности	Контрольная – 24 ч				Опытная 1 – 23,25 ч				Опытная 2 – 22,5 ч			
	Масса яиц, г	Индекс формы, %	УД скорлупы, ед.	УД скорлупы, ед.	Масса яиц, г	Индекс формы, %	УД скорлупы, ед.	УД скорлупы, ед.	Масса яиц, г	Индекс формы, %	УД скорлупы, ед.	УД скорлупы, ед.
1	60,5±0,5	79±0,3	22,6±0,4	22,6±0,4	56,6±0,7	81,1±0,6	21,9±0,9	21,9±0,9	56,8±1,7	80,1±0,9	22,9±0,8	22,9±0,8
2	61,2±0,6	77±0,3	22,5±0,3	22,5±0,3	57,3±1,2	80,4±0,7	23,6±0,8	23,6±0,8	57,0±0,6	79,5±0,5	22,3±0,5	22,3±0,5
3	63,2±0,6	78±0,2	23,3±0,6	23,3±0,6	58,1±0,9	80,6±0,7	24,1±0,9	24,1±0,9	57,4±0,7	75,5±1,3	22,3±1,0	22,3±1,0
4	63,5±0,7	78±0,2	23,4±0,4	23,4±0,4	59,4±0,7	80,2±0,5	22,2±0,9	22,2±0,9	59,7±0,7	80,1±0,5	21,4±0,7	21,4±0,7
5	63,5±0,6	78±0,3	23,7±0,6	23,7±0,6	61,4±0,9	78,7±0,7	23,6±1,1	23,6±1,1	61,3±0,8	79,9±0,6	22,3±0,6	22,3±0,6
6	63,6±0,4	77±0,3	24,1±0,3	24,1±0,3	62,6±1,1	78,8±0,5	23,1±0,6	23,1±0,6	62,9±0,8	77,9±0,6	23,5±0,9	23,5±0,9
7	63,4±0,8	78±0,2	24,3±0,4	24,3±0,4	61,4±0,9	78,3±0,6	23,9±1,1	23,9±1,1	63,7±0,9	77,1±0,7	23,5±0,6	23,5±0,6
8	63,5±0,4	78±0,3	23,3±0,4	23,3±0,4	63,3±1,4	78,3±0,7	24,4±1,1	24,4±1,1	62,7±0,6	78,8±0,6	23,9±1,0	23,9±1,0
9	63,7±0,7	77±0,5	23,4±0,5	23,4±0,5	61,7±1,2	78,0±0,9	23,1±1,1	23,1±1,1	62,2±1,2	76,7±0,8	23,2±1,0	23,2±1,0
10	63,6±0,7	77±0,3	23,4±1,6	23,4±1,6	63,1±0,9	77,9±0,7	23,3±0,9	23,3±0,9	61,9±0,9	77,7±0,6	22,4±0,3	22,4±0,3
11	63,7±0,8	77±0,3	24,6±0,5	24,6±0,5	62,2±0,9	77,1±0,6	23,4±0,6	23,4±0,6	61,7±0,6	77,8±0,6	23,7±0,6	23,7±0,6
12	63,9±0,8	77±0,2	24,5±0,4	24,5±0,4	62,3±1,0	77,3±0,7	22,2±0,9	22,2±0,9	62,2±0,9	77,3±0,7	23,6±1,0	23,6±1,0
В среднем за 12 месяцев	63,1±0,3	77,6±0,2	23,6±0,2	23,6±0,2	60,8±0,7***	78,9±0,4	23,2±0,2	23,2±0,2	60,8±0,7***	78,6±0,3	23,1±0,3	23,1±0,3
Сv, %	1,7	0,9	2,9	2,9	3,7	1,4	4,4	4,4	4,5	1,2	3,6	3,6
Интенсивность яйценоскости / масса яиц, г	–0,17				–0,64				–0,60			
Масса яиц / Длина цикла, г	–0,1				–0,27				–0,51			

Согласно данным таблицы 23, физические показатели яиц соответствуют нормативным значениям. Лишь в начале яйцекладки яйца опытных групп отличаются более округлой формой по сравнению с контролем. По мере увеличения массы яиц индекс формы снижается и яйца становятся удлинёнными [18].

Средняя масса яиц в период яйцекладки в контрольной группе была на 3,8 %, чем в опытных группах. Тем не менее, согласно ГОСТу 31654-2012 «Яйца куриные пищевые», яйца несушек всех исследуемых групп по массе соответствовали первой категории на протяжении всего периода яйцекладки.

Оценка прочности скорлупы с помощью прибор ПУД-1 показала, что упругая деформация (УД) скорлупы имеет оптимальную прочность во всех исследуемых группах в пределах 20–24 ед., и период внешних суточных ритмов никак не повлиял на этот показатель (приложение 4).

Из литературных данных известно, что селекция, направленная на повышение яйценоскости, сопровождается снижением доли желтка в яйце. У яичных кур промышленных кроссов этот показатель варьирует в пределах 23–29 % [5, 22, 19].

В наших исследованиях было установлено достоверное влияние циркадных ритмов на массу яиц ($P < 0,001$). Несушки, содержащиеся при режимах с продолжительностью суток 23,25 и 22,5 ч, сносили яйца меньшей массы относительно контрольной группы. Однако относительное содержание структурных частей яйца (белка, желтка и скорлупы) у всех групп находилось в пределах нормы, характерной для яичных кур промышленных кроссов [22] (таблица 24).

Таблица 24 – Динамика относительной доли структурных элементов яиц (белок, желток, скорлупа), %

Месяц продуктивно- сти	Контрольная – 24 ч				Опытная 1 – 23,25 ч				Опытная 2 – 22,5 ч			
	Белок	Желток	Скорлупа	Отношение белка к желтку	Белок	Желток	Скорлупа	Отношение белка к желтку	Белок	Желток	Скорлупа	Отношение белка к желтку
1	65,3±0,6	24,1±0,6	10,6±0,2	2,7 : 1	64,4±0,7	24,0±0,7	11,6±0,2	2,7 : 1	65,2±0,7	23,7±0,6	11,2±0,2	2,7 : 1
2	64,1±0,5	24,5±0,6	11,4±0,2	2,6 : 1	63,9±0,8	24,9±0,7	11,1±0,2	2,6 : 1	64,3±0,4	24,3±0,4	11,4±0,1	2,6 : 1
3	63,5±0,7	25,4±0,7	11,1±0,1	2,5 : 1	64,5±0,6	25,4±0,5	10,1±0,2	2,6 : 1	61,3±2,9	28,8±2,9	9,9±0,1	2,1 : 1
4	63,3±0,6	25,8±0,5	10,9±0,1	2,5 : 1	63,5±0,4	25,4±0,5	11,0±0,2	2,5 : 1	63,2±0,4	25,4±0,3	11,4±0,2	2,5 : 1
5	62,8±0,4	26,0±0,5	11,2±0,1	2,4 : 1	62,9±1,1	26,2±1,0	10,9±0,2	2,6 : 1	62,5±0,5	26,4±0,4	11,2±0,2	2,4 : 1
6	62,6±0,4	26,4±0,4	11,0±0,1	2,4 : 1	63,4±0,5	25,6±0,5	10,9±0,1	2,5 : 1	62,9±0,5	26,5±0,5	10,7±0,2	2,4 : 1
7	62,5±0,5	26,1±0,5	11,4±0,2	2,4 : 1	63,9±0,5	25,2±0,5	10,9±0,2	2,6 : 1	62,9±0,5	26,5±0,5	10,7±0,2	2,4 : 1
8	62,9±0,3	25,5±0,4	11,6±0,2	2,5 : 1	62,7±0,4	26,5±0,4	10,8±0,1	2,4 : 1	62,8±0,3	26,2±0,3	11,1±0,2	2,4 : 1
9	62,4±0,7	26,1±0,6	11,5±0,2	2,4 : 1	63,5±0,7	26,1±0,6	10,3±0,2	2,5 : 1	63,1±0,5	26,8±0,5	10,1±0,2	2,4 : 1
10	62,3±0,5	26,2±0,4	11,5±0,1	2,4 : 1	62,7±0,6	26,3±0,5	11,0±0,2	2,4 : 1	62,7±0,3	27,1±0,4	10,2±0,2	2,3 : 1
11	62,0±0,4	26,5±0,4	11,5±0,2	2,3 : 1	63,3±0,4	25,8±0,4	10,9±0,2	2,5 : 1	63,8±0,9	27,4±0,4	9,0±0,9	2,3 : 1
12	61,9±0,4	26,7±0,4	11,4±0,2	2,3 : 1	63,2±0,4	25,9±0,4	10,9±0,2	2,5 : 1	62,3±0,5	27,2±0,5	10,5±0,2	2,3 : 1
M±m	63,0±0,2	25,8±0,2	11,3±0,2	2,4 : 1	63,5±0,2	26,6±0,2	10,9±0,1	2,5 : 1	63,1±0,3	26,4±0,4	10,6±0,2	2,4 : 1
Cv,%	1,5	3,1	2,7	4,7	0,9	2,7	3,5	3,4	1,6	5,2	6,8	6,4

Согласно данным таблицы 24, с возрастом у кур наблюдается тенденция к увеличению доли желтка и снижению доли белка в яйце. Абсолютное содержание структурных элементов в контрольной группе выше, чем в опытных (приложение 2, 3). Вместе с тем анализ относительных показателей структурных элементов яиц выявил, что в среднем за яйцекладку доля желтка в контрольной группе уступает опытным. Наиболее отчетливо это проявляется при сравнении контрольной группы с несушками второй опытной группы. В то же время к концу яйцекладки у несушек второй опытной групп доля желтка начала возрастать и даже превысила показатель в контрольной группе.

Поскольку желток представляет собой наиболее ценную структурную часть яйца, в нем сосредоточена основная масса питательных веществ. Энергетическая питательность желтка примерно в три раза превышает энергетическую белка, то изменение его доли в структуре яйца напрямую влияет на биологическую и пищевую ценность яиц [151, 194, 207]. Согласно данным таблицы 24, суточные циклы с периодом 23,25 и 22,5 ч не приводят к снижению относительной доли желтка. Более того, при 22,5-часовом суточном ритме у несушек наблюдалось увеличение как абсолютного, так и относительного содержания желтка в яйце в конце яйцекладки.

Анализ морфофизических показателей яиц (масса яйца (г), индекс формы (%), упругая деформация скорлупы (ед.), толщина скорлупы (мм), масса (г) и доля (%) структурных элементов яйца, индексы (%) и высота белка и желтка (мм), а также соотношения белка к желтку) показал, что все изученные параметры находились в пределах нормативных значений, характерных для яичных кур промышленных кроссов [37, 84, 92,]. Существенных отклонений морфофизических показателей яиц при разных периодах циркадного ритма нами выявлено не было.

Вероятно, преимущество контрольной группы над опытными по массе яиц в 3,4 % связано с высокой интенсивностью обменных процессов. Этот вывод предполагает корректировку в питательности кормов для несушек при использовании новых периодов циркадных ритмов.

В таблице 25 отображена динамика живой массы несушек при разных циркадных ритмах.

Таблица 25 – Динамика живой массы и интенсивности яйценоскости несушек

Месяц продуктивности	Контрольная – 24 ч		Опытная 1 (23,25 ч)		Опытная 2 (22,5 ч)	
	ЖМ, г	%	ЖМ, г	%	ЖМ, г	%
1	1789,8±15,7	93,5	1674,4±24,5	102,0	1709,1±25,8	101,3
2	1904,2±14,3	96,7	1830,4±25,9	100,6	1815,7±19,6	101,7
3	1955,7±12,9	96,8	1825,6±33,4	100,8	1813,5±20,6	100,6
4	1973,1±14,9	97,1	1800,3±27,9	99,6	1803,8±16,1	99,2
5	1989,2±21,1	96,9	1826,1±29,8	100,4	1781,1±20,6	102,4
6	1992,1±17,8	96,3	1866,5±32,1	100,6	1959,2±28,2	99,8
7	2014,9±16,8	95,7	1831,3±43,3	100,0	1947,1±36,2	97,8
8	2019,8±14,3	94,9	1905,8±35,3	99,4	1935,2±36,1	96,7
9	2029,1±12,1	93,9	1921,2±36,1	95,5	1930,9±34,6	92,4
10	2034,7±16,5	92,3	1952,1±41,2	98,7	1984,1±41,0	95,1
11	2044,2±22,3	90,9	1954,3±39,4	97,8	1966,1±25,3	93,9
12	2044,9±11,9	90,1	1917,4±36,6	98,4	2014,2±30,9	95,1
Средняя живая масса за 12 мес. г	1982,5±22,2	94,6±0,7	1858,6±23,8***	99,5±0,5	1888,3±59,5*	98,1±1,0
C _v , %	3,7	2,6	4,2	1,7	5,2	3,4
Зависимость живой массы и интенсивности яйценоскости, г	–0,30		–0,76		–0,77	

Было установлено, что высокая интенсивность яйценоскость в опытных группах сопровождалась снижением живой массы несушек. Это подтверждается отрицательной корреляцией между изучаемыми признаками. Для несушек, содержащихся при 23,25-часовом циркадном ритме коэффициент корреляции составил $r = -0,76$, при 22,5-часовом $r = -0,77$. После первого месяца яйцекладки несушки опытных групп существенно уступали контрольной группе по живой массе. В этот период контрольная группа превосходила первую опытную на 6,4 % (115 г), а вторую опытную на 4,5 % (80,7 г). Выраженное снижение живой массы во второй опытной группе было зафиксировано на пятый месяц яйцекладки, совпавший с пиком яйценоскости, а разница с контрольной группой достигла 10,5 % (208,1 г). На протяжении всего периода яйцекладки несушки первой опытной группы так и не достигли нормативных значений по живой массе.

В опытной группе 2 соответствие с нормой отмечалось лишь с 6 мес яйцекладки, однако показатели по живой массе стабильно оставались ниже контрольной.

Кормление несушек осуществлялось согласно нормам с корректировкой по фактической интенсивности яйценоскости. Тем не менее нормативной живой массы несушки опытных групп не достигли. Вероятно, это связано с тем, что существующие нормы кормления разработаны для традиционного 24-часовой суточной периодичности и не учитывают физиологических особенностей при измененных внешних ритмах.

По результатам анализ морфологических показателей яиц в период яйцекладки и данных о живой массе несушек мы пришли к выводу, что в следствие сокращения периодов суточных циклов скорость продукционных процессов возрастает, с одновременным возрастанием и яйценоскости кур, что требует дополнительных затрат энергии и питательных веществ. Дефицит энергии не компенсируется используемыми нами рационами и восполняется за счет резервов организма, следствием чего является снижение живой массы. Это в свою очередь приводит к уменьшению массы яиц.

3.7 Биохимические показатели крови кур

Выявленные различия в яйценоскости птицы и живой массе несушек при разных циркадных ритмах позволяют предположить, что измененная продолжительность суток затронуло и метаболические процессы птицы, контролируемые внутренними часами. В связи с этим представляло интерес изучить биохимические показатели крови несушек.

В исследовании в возрасте 321 и 414 дн жизни несушек были изучены биохимические показатели крови несушек, в зависимости от продолжительности биологических суток.

Оценка результатов биохимического анализа сыворотки крови не выявила достоверных свидетельств повреждения клеток метаболически активных органов (печень, поджелудочная железа), поскольку активность в крови птицы АсАТ и α -амилазы как в 321, так и в 414 дн жизни не превышала норму.

Повышение активности трансаминаз в крови млекопитающих является безусловным указанием на факт структурного повреждения гепатоцитов, но аналогичное изменение активности АлАТ и АсАТ у кур-несушек современных высокопродуктивных яичных кроссов в период яйцекладки исследователи склонны увязывать с исключительным использованием углеродных элементов конечных аминокислот в процессах глюконеогенеза [16, 17]. В нашем исследовании активность аспартатаминотрансферазы в опытных группах не выходила за границы нормы и была ниже таковой в контрольной группе, что указывает на отсутствие избыточного напряжения в процессах глюконеогенеза. В современных биохимических панелях для птиц, разработанных для оценки состояния организма, АлАТ отсутствует [13].

В числе способов эффективного мониторинга интерьерных параметров сельскохозяйственной птицы отмечается расширение практики использования специфических коэффициентов, отражающих соотношение метаболитов белкового обмена, для оценки его интенсивности, состояния печени и прогноза продолжительности плато яйцекладки.

В нашем исследовании у птицы в опытной группы 2 в возрасте 321 сут соотношение концентрации альбуминов и мочевой кислоты составило 669,5, тогда как в опытной группы 1 – 472,3 (таблица 26). На 414-й день жизни птицы указанный коэффициент значительно увеличился: до 828,8 в опытной группе 1 и до 721,2 – в опытной группы 2. В вопросе о норме мочевой кислоты существуют разногласия [13].

Исследователи рекомендуют интерпретировать этот факт в качестве свидетельства повышенного уровня окислительного распада альбуминов крови, который у кур 2-й группы на 41,7 % выше, чем 1-й [16, 17]. Указанная ситуация характерна для стадии адаптации стресс-реакции у птицы, если природа и характер воздействия стрессора остаются неизменными, но существует высокая потребность в пластическом материале для синтеза белка. Наш вывод подтверждается умеренно сниженным содержанием альбуминов в плазме при нормальных значениях концентрации общего белка.

Таблица 26 – Биохимические показатели плазмы крови кур

Показатели	Возраст 321 дн			Возраст 414 дн		
	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2
АлАТ, Ед/л	11,2±0,49	10,9±0,44	13,0±0,51	14,4±0,36	12,4±0,45	14,0±0,54
АсАТ, Ед/л	180,4±9,56	176,2±8,44	154,4±9,11	261,7±16,00	174,5±10,10	124,0±12,26
Альбумины, г/л	23,1±1,30	22,3±1,15	21,1±2,04	22,1±1,57	24,7±2,22	23,8±1,52
Амилаза, Ед/л	330,2±23,14	391,1±91,02	396,16±88,14	319±19,78	330±22,14	345±43,12
Белок общий, г/л	56,5±1,57	52,5±6,41	54,8±6,12	49,8±5,14	50,7±6,12	54,1±7,33
Билирубин общий, мкмоль/л	11,1±1,98	10,8±2,01	12,1±3,15	13,7±3,22	12,7±2,74	15,4±3,62
Билирубин прямой, мкмоль/л	2,6±0,86	2,3±0,22	3,4±0,41	3,1±0,44	2,9±0,51	3,3±0,46
Глюкоза, ммоль/л	14,6±0,99	13,6±2,85	14,4±1,55	11,6±2,11	13,7±1,98	12,5±2,91
Кальций, ммоль/л	4,6±0,23	4,5±0,43	4,8±0,34	4,7±0,52	4,6±0,34	4,8±0,38
Креатинин, мкмоль/л	35,7±4,03	22,5±3,44	28,2±1,65	45,4±3,12	28,2±1,54	31,3±3,22
Фосфор, Ммоль/л	2,9±0,13	3,1±0,26	3,4±0,42	1,9±0,22	2,1±0,11	2,2±0,23
Магний, мкмоль/л	1,24±0,15	1,20±0,22	0,91±0,07	0,97±0,10	0,86±0,08	1,12±0,19
Хлориды, ммоль/л	108,9±11,40	93,14±6,22	110,9±2,76	118,9±13,11	125,1±6,15	128,28±9,34
Мочевая кислота, мкмоль/л	281,7±90,00	187,4±20,24	202,2±14,18	323,9±22,10	177,2±13,64	198,6±12,13
Холестерин, ммоль/л	2,9±0,18	2,8±0,32	3,1±0,51	1,9±0,12	2,5±0,19	3,1±0,23
ЩФ, Ед/л	1279,8±179,60	753,2±38,41	820,1±66,14	410,6±58,11	920,9±67,45	855,4±78,42
ЛДГ, Ед/л	740,2±76,22	300,7±57,92	917,2±45,7	566,2±74,11	492,9±55,67	502,7±43,14

Концентрация глюкозы в крови кур обеих групп оказалась выше нормативных значений [13], однако другие исследователи зафиксировали аналогичные нашим значения этого показателя у здоровых кур современных кроссов в период интенсивной яйцекладки: 12,6–16,8 ммоль/л [13], что дает основание для корректировки нормативного референса.

Высокая потребность в энергии в период яйцекладки сопровождается интенсификацией аэробного гликолиза, который контролируется лактатдегидрогеназой. В возрасте 321 дн активность ЛДГ у птицы опытной группы 2 была в 3 раза выше таковой у кур опытной группы 1 и превышала контроль, что свойственно избыточному напряжению в процессах аэробного и анаэробного распада глюкозы: двух важнейших метаболических циклов – гликолиза и окислительного фосфорилирования. В возрасте 414 дн активность ЛДГ в крови птиц опытных групп практически одинакова, выходит за верхнюю границу нормы на 30 %, но снижена от контроля на 13 %. Это позволяет исключить вредное влияние проверяемых режимов на метаболизм птицы, а также свидетельствует об адекватности программы кормления.

Исследователи выработали единое мнение относительно величины оптимального соотношения кальция и неорганического фосфора в сыворотке крови кур: 2:1 – 2,5:1. У кур-несушек высокопродуктивных кроссов возможны отклонения от указанных величин в связи с «высоким» метаболизмом, но преобладание Са над Р сохраняется [13]. В нашем первом исследовании (321 дн жизни птицы) указанный коэффициент составлял 1,6 (контрольная), 1,5 (опытная 1), 1,4 (опытная 2). В 414 дн зафиксировали более выраженные различия в концентрации названных ключевых ионов, а их соотношение составляло в контроле 2,47, в 1-й группе – 2,19, во второй – 2,18. Продолжительность суток, очевидно, практически не повлияла на направленность и интенсивность обмена Са и Р, но увеличение коэффициента в более старшем возрасте, вероятно, связано с отсутствием необходимости повышенной мобилизации кальция из костной ткани. Показатель активности щелочной фосфатазы согласуется с этим предположением.

Основная роль щелочной фосфатазы связана с отложением фосфатов кальция в костной ткани и транспорте липидов в кишечнике. Любые состояния, которые связаны с повышенной активностью костных клеток, повышают уровень ЩФ. У птиц этот фермент не рассматривается в качестве маркера застоя желчи или патологических явлений в печени; ориентиры по активности щелочной фосфатазы для периода яйцекладки кур кросса, используемого в данном опыте, лежат в границах 410,0–1200,0 Ед/л [13]. Опубликованы результаты исследований Л. В. Клетиковой (2014 г.), которая зафиксировала значения активности ЩФ у кур в предкладковый период в границах 60,1–226,8 Ед/л, а на пике яйцекладки – до 1381 Ед/л. Автор предлагает рассматривать повышение активности щелочной фосфатазы при нормальном содержании фосфора в сыворотке крови в качестве маркера доклинического нарушения обмена фосфора в организме у высокопродуктивной птицы [10, 11]. В наших исследованиях активность ЩФ не выходила из физиологических границ.

За норму концентрации хлоридов в плазме крови кур-несушек принята величина 100–125 ммоль/л, но в продуктивный период эта величина может возрастать и достигать 126,9–138,2 ммоль/л [10]. В нашем исследовании концентрация хлоридов соответствовала норме, что указывает на отсутствие нарушений водно-солевого баланса и осмотического давления жидкостей внутренней среды.

Содержание холестерина как при первом, так и при втором исследовании у птицы всех групп находилось на нижней границе нормы, хотя синтез яичного желтка сопровождается высокими затратами липидов указанного класса. Полученные нами результаты нуждаются в дополнительном исследовании.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОРА КУР ПО ПРИЗНАКУ ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ ЯИЦ

Расчет экономической эффективности способа отбора кур по времени формирования яиц велся на примере 1000 гол несушек, с учетом затрат и цен, сложившихся в 2025 г.

Результаты отбора кур по признаку времени формирования яиц показали, что при циркадном ритме 23,25 и 22,5 ч интенсивность яйценоскости составила 101,6 и 103,3 % за год на среднюю несушку, превышая показатели контрольной группы. Данные таблицы 27 содержат сведения о продуктивности отобранных кур опытных групп и средние показатели контрольной группы, а также оценку основных затрат в ходе продуктивного периода. При оценке экономической эффективности расчет выполнен с использованием отраслевого норматива, где доля кормов в себестоимости яиц составляла – 70 %.

Таблица 27 – Эффективность селекции при производстве товарных яиц

Показатели	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2
Яйценоскость на среднюю несушку, шт. яиц	346,2	372,0	378,0
Суточная норма корма на 1 курицу, г	126,0	126,0	126,0
Валовое производство яиц за год от 1000 гол. кур, шт. яиц	346200,0	372000,0	378000,0
Затраты корма за год на 1000 гол. кур, кг	46116	46116	46116
Затраты корма на производство 10 шт. яиц	1,33	1,24	1,22
Стоимость 1 кг корма, руб.	28,0	28,0	28,0
Себестоимость 10 шт. яиц, руб.	53,28	49,59	48,80
Цена реализации 10 шт. яиц	62,0	62,0	62,0
Прибыль на 10 шт. яиц	8,72	12,41	13,20
Выручка от реализации, тыс. руб.	2146,44	2306,4	2343,6
Производственные затраты на 1000 гол. кур, тыс. руб.	1844,64	1844,64	1844,64
Чистая прибыль, тыс. руб.	301,8	461,8	499,0
Рентабельность, %	16,36	25,03	27,05

При одинаковой цене реализации десятка яиц опытные группы получают больше прибыли за счет снижения затрат корма на их производство, а, следовательно, и себестоимости.

Преимущество в выручке от реализации яиц за год было у второй опытной группы, которая превосходила контрольную на 197,2 тыс. руб. и опытную 1 на 37,2 тыс. руб. за счет валового количества яиц. Также в этой группе было получено чистой прибыли – 499,0 тыс. руб.

Рентабельность при использовании способа отбора кур с периодом яйцекладки 23,25 и 22,5 ч была выше контрольной группы на 10,7 %, и 8,7 % соответственно.

Таким образом расчет экономических показателей объективно доказывает возможность и целесообразность использовать отбор кур по признаку времени формирования яиц с периодом циркадного ритма 23,25 и 22,5 ч. Поскольку это снижает себестоимость яиц и затраты корма на их производство, а также увеличивает чистую прибыль и рентабельность относительно 24-часового традиционного периода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Двигательная активность кур в светлое время суток имеет двухвершинный профиль. Период яйцекладки ограничен продолжительностью утреннего и вечернего пиков активности, связанных с временем включения и выключения света в птичнике. Яйцекладка кур начинается после окончания утреннего и завершается к началу вечернего пика активности. Продолжительность каждого пика активности неизменна и равна 2 ч. Сокращение периода циркадного ритма уменьшает продолжительность ритма яйцекладки.

2. Овуляция и яйцекладка кур происходит в светлое время суток и их время обусловлено эндогенным ритмом птицы. Биологический ритм яйцекладки генетически детерминирован и закономерности его проявления не изменяются. Начальная фаза яйцекладки птицы не зависит от продолжительности светового режима и определяется только временем включения света в помещении. Сдвиг начальной фазы яйцекладки путем ежесуточного смещения времени включения света к утренним часам на 45 и 90 минут способствует увеличению яйценоскости.

3. Оценивать и отбирать кур яйценоскость которых за 520 дн жизни равная или больше, чем дней в году, при световых режимах с циркадным ритмом 23,25 и 22,5 ч. Вести массовую селекцию на повышение яйценоскости в отобранных популяциях вести с учетом периода циркадного ритма на уровне $M+1\sigma$ для периода 23,25 ч и $M+2\sigma$ для периода 22,5 ч.

4. Исследованиями установлено, что смещение времени включения освещения в птичнике к утренним часам на 45 и 90 мин уменьшают период циркадного ритма до 23,25 и 22,5 ч соответственно, не изменяя эндогенных закономерностей проявления других ритмов общей двигательной активности и несущки способны адаптироваться к изменениям продолжительности ритма. Вероятно, что ритм с периодом 22 ч, является нижней границей для сокращения ритма яйцекладки.

5. Интенсивность яйценоскости (%) один из показателей времени формирования яиц в яйцеводе кур и синхронизации несущек с периодом

циркадного ритма. Яйценоскость 100 % и более показатель высокой скорости формирования яиц. Отбор особей по времени формирования яиц с периодами циркадного ритма 23,25 и 22,5 ч повышает интенсивность яйценоскости кур в среднем до 101,6 % и 103,3 % за год. Снижение интенсивности яйценоскости менее 100 % в период яйцекладки обусловлено рассогласованием экзогенного периода ритма и внутреннего ритма кур. При периоде 23,25 ч отклонение составляет в среднем 14 мин, для периода 22,5 ч оно составляет около 30 мин.

6. Использование ранжирования кур по интенсивности яйценоскости позволяет осуществлять раннее прогнозирование яйценоскости несушек за весь продуктивный период. Ранг яйценоскости несушек за первые четыре месяца продуктивности с яйценоскостью 100 % и более, высоко и отрицательно коррелирует с годовой яйценоскостью опытных групп на уровне $r = -0,69$ и на уровне $r = -0,48$ контрольной группы.

7. Установлено, что период циркадного ритма влияет на количество циклов и интервалов в яйцекладке кур. В среднем за год на несушку в контрольной группе приходится 18,5 цикла и 17,8 интервала, в то время как в опытной группе 1 и 2 приходится 14,1 цикла и 13,1 интервала, 29,7 цикла и 28,7 интервала соответственно. Продолжительность интервалов в яйцекладке кур 2-й опытной группы была самой короткой, что частично компенсировало большее количество циклов без снижения яйценоскости.

8. Морфометрические показатели яиц кур, содержащихся при разных циркадных ритмах, находятся в нормативных пределах и соответствуют первой категории. Масса яиц контрольной группы выше, чем в опытных на 2,3 г, вместе с тем по относительной доли желтка в яйце уступают опытной группе 1 на 0,5 % и опытной группе 2 на 0,6 %. Высокая интенсивность яйценоскости несушек первой и второй опытных групп сопровождалась отставанием по живой массе от контрольной группы и нормативных значений заявленного яичного кросса ($r = -0,76$ и $-0,77$).

9. По результатам оценки биохимических показателей анализа сыворотки крови не выявлено достоверного влияния периодов циркадного ритма на

метаболизм клеток активных органов, поскольку активность АсАТ и α -амилазы как в 321, так и в 414 дн жизни не превышала норму. В возрасте 414 дн активность ЛДГ у кур второй и первой опытных групп была выше нормативных значений на 30 %, но снижена от контроля на 13 %. Изменение продолжительности суток также не повлияла на направленность и интенсивность обмена Са и Р у кур, так как преобладание первого над вторым сохранялось в возрасте 321 и 414 дн.

10. Селекция кур по признаку «время формирования яиц» способствует повышению экономической эффективности производства товарных яиц за счет увеличения яйценоскости несушек и снижение себестоимости продукции. Рентабельность производства яиц при отборе кур с периодом яйцекладки 23,25 и 22,5 ч выше на 8,7 % и 10,7 %, чем при использовании традиционных методов селекции.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения эффективности производства куриных яиц рекомендуем:

- включить в программу селекции кур признак «время формирования яиц»;
- для повышения эффекта селекции отбор кур проводить с яйценоскостью от $M+1\sigma$ при использовании циркадного ритма с периодом 23,25 ч и $M+2\sigma$ при ритме 22,5 ч;
- раннее прогнозирование и оценку яйценоскости кур проводить по результатам интенсивности яйценоскости за первые 4 мес продуктивного периода.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Считаем целесообразным проведение дальнейших исследований по определению границ периода циркадного ритма кур, влияющего на яйценоскость птицы. Разработать способы увеличения срока продуктивного использования кур с учетом изменений периода циркадного ритма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, Д. С. Новые световые режимы для выращивания цыплят-бройлеров : специальность 06.02.04 «Ветеринарная хирургия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Андреев Дмитрий Сергеевич. – Краснодар, 2009. – 128 с. – EDN QEPOXR.
2. Астраханцев, А. А. Яичная продуктивность кур-несушек различных кроссов / А. А. Астраханцев, Н. А. Леконцева, В. В. Наумова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2(50). – С. 206-210. – DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-206-211. – EDN LEFHZB.
3. Базилевская Н. А., Белоконь М. П., Щербакова А. А. Краткая история ботаники. – Alexander Doweld, 1968.
4. Бюннинг Э. Ритмы физиологических процессов //М., ИЛ. – 1961. – Т. 184. – С. 95.
5. Васильева, Л. Т. Влияние возраста кур-несушек кросса Ну-Line Brown на качество яиц / Л. Т. Васильева, А. Г. Бычаев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(70). – С. 79-88. – DOI 10.24412/2078-1318-2023-1-79-88. – EDN VXAJXG.
6. Гальперн, И. Л. Методы ускоренного повышения генетического потенциала продуктивных признаков промышленных кроссов кур / И. Л. Гальперн // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 7. – С. 50-54. – EDN KYODQH.
7. Кавтарашвили А. Ш. и др. Влияние освещения на время яйцекладки и качество куриных яиц (обзор) //Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – №. 6. – С. 1095-1109.
8. Кавтарашвили, А. Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение I. Формирование и строение яйца; факторы, влияющие на массу яиц (обзор) / А. Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2023. – № 6. – С. 36-43. – DOI 10.33845/0033-3239-2023-72-6-36-43. – EDN RAJURK.

9. Кавтарашвили, А. Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение II. Формирование и строение скорлупы; факторы, влияющие на ее качество (обзор) / А. Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2023. – № 7-8. – С. 37-45. – DOI 10.33845/0033-3239-2023-72-7-8-37-45. – EDN PTVAKW.
10. Клетикова, Л. В. Динамика обмена кальция и фосфора у высокопродуктивных кур в зависимости от периода яйцекладки / Л. В. Клетикова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 1-1. – С. 57-58. – EDN RWFBRH.
11. Клинические и биохимические показатели крови птиц / В. А. Пономарев, В. В. Пронин, Л. В. Клетикова и др. Иваново, 2014. 288 с.
12. Кочиш, И. И. Биология сельскохозяйственной птицы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям 3100700 "Зоотехния" и 310800 "Ветеринария" / И. И. Кочиш, Л. И. Сидоренко, В. И. Щербатов ; И. И. Кочиш, Л. И. Сидоренко, В. И. Щербатов. – Москва : КолосС, 2005. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 5-9532-0376-4. – EDN QKXEER.
13. Насонов, И. В. Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов / И. В. Насонов, Н. В. Буйко, Р. П. Лизун, В. Е. Волыхина, Н. В. Захарик, С.М. Якубовский. – Минск, 2014. – 32 с.
14. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы яичного направления продуктивности (обзор) / В. С. Буяров, Я. С. Ройтер, А. Ш. Кавтарашвили [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 4(79). – С. 46-55. – DOI 10.15217/issn2587-666X.2019.4.46. – EDN UNIXYF.
15. Патент № 2818235 С1 Российская Федерация, МПК А01К 31/00. Способ повышения яйценоскости кур-несушек : № 2023126407 : заявл. 13.10.2023 : опубл. 26.04.2024 / В. И. Щербатов, Л. Н. Скворцова, Ш. Ю. Чимидов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». – EDN ILMYOU.

16. Сайфутдинова, Л. Н. Белки крови и их информативность в оценке адаптационных ресурсов кур при технологическом стрессе / Л. Н. Сайфутдинова, М. А. Дерхо // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2021. – Т. 245, № 1. – С. 169-176. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-245-1-169-176. – EDN GPGGFQ.

17. Сайфутдинова, Л. Н. Оценка биологических связей кортикостерона и кортизола в организме кур при стресс-реакции / Л. Н. Сайфутдинова, М. А. Дерхо // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2021. – Т. 246, № 2. – С. 187-193. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-246-2-187-193. – EDN RMJDMC.

18. Сулейманов, Ф. И. Влияние морфометрических и биофизических показателей куриных яиц на результаты инкубации / Ф. И. Сулейманов, Е. И. Степанова, М. И. Челнокова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(36). – С. 33-41. – EDN JGMYIL.

19. Торицина, Е. Новый селекционный критерий – величина желтка / Е. Торицина // Животноводство России. – 2008. – № 3. – С. 17-19. – EDN IJRIKH.

20. Уинфри А. Т. Время по биологическим часам /А. Т. Уинфри// М., 1990. – 208 с. СОУНБ; Шифр 28.903.1; Формат Б; Инв. Номер 2119631–КХ СОУНБ; Инв. Номер 2125029–КХ

21. Чимидов, Ш. Ю. Ритмы формирования яиц кур кросса Хайсекс Браун / Ш. Ю. Чимидов, В. И. Щербатов // Материалы Международного научного симпозиума, посвященного 150-летию со дня рождения выдающегося ученого в области зоотехнии академика Е.Ф. Лискуна "Достижения зоотехнической науки в решении актуальных задач животноводства и аквакультуры" : сборник статей, Москва, 14–17 ноября 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 231-233. – EDN OQQHJT.

22. Чугунова, Е. Г. Морфометрические показатели яиц кур в зависимости от интенсивности и направления селекции на примере двух генофондных пород / Е. Г. Чугунова, Е. С. Федорова // Генетика и разведение животных. – 2025. – № 2. – С. 24-29. – DOI 10.31043/2410-2733-2025-2-24-29. – EDN IMTJZF.
23. Шкуро, А. Г. Циркадные ритмы в биологии сельскохозяйственной птицы / А. Г. Шкуро, В. И. Щербатов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – 209 с. – ISBN 978-5-907550-92-6. – EDN DCBKNL.
24. Шноль С. Э. Биологические часы /С. Э. Шноль// пер. с англ. – М. : Мир. – 1964. – 690 с.
25. Штеле, А. Л. Образование биологически полноценных яиц и продуктивность кур яичных кроссов / А. Л. Штеле // Птица и птицепродукты. – 2011. – № 6. – С. 19-23. – EDN OKMTCH.
26. Штеле, А. Л. Повышение яйценоскости у высокопродуктивных кур и проблема ее раннего прогнозирования / А. Л. Штеле // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – Т. 49, № 6. – С. 26-35. – DOI 10.15389/agrobiology.2014.6.26rus. – EDN TERPGCD.
27. Щербатов В. И., Андреев Д. С. Способ выращивания бройлеров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – №. 17. – С. 193-196.
28. Щербатов В. И., Андреев Д. Суточные биоритмы кур // Животноводство России. – 2009. – №. 4. – С. 11-12.
29. Щербатов, В. И. Время как селекционный признак / В. И. Щербатов, Ш. Ю. Чимидов // Птицеводство. – 2026. – № 2. – С. 7-10. – DOI 10.33845/0033-3239-2026-75-2-7-10. – EDN AIFSZW.
30. Щербатов, В. И. Новые световые режимы для выращивания цыплят-бройлеров и ремонтного молодняка кур / В. И. Щербатов, Д. С. Андреев // Птицеводство. – 2023. – № 1. – С. 51-55. – DOI 10.33845/0033-3239-2023-72-1-51-55. – EDN LZRDJM.

31. Щербатов, В. И. Продуктивность несушек более 100% – это реально / В. И. Щербатов, Ш. Ю. Чимидов, Т. А. Кутовенко // Птицеводство. – 2025. – № 1. – С. 43-47. – DOI 10.33845/0033-3239-2025-74-1-43-47. – EDN XRTNRO.
32. Щербатов, В. И. Циркадианные ритмы при содержании мясных кур / В. И. Щербатов // Птицеводство. – 2024. – № 5. – С. 43-47. – DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-43-47. – EDN NOQJGU.
33. Щербатов, В. И. Циркадный ритм в яйцекладке кур / В. И. Щербатов, Т. И. Пахомова, Т. А. Кутовенко // Птица и птицепродукты. – 2024. – № 1. – С. 37-40. – DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-1-37-40. – EDN PMMZWS.
34. Abbas A. O. et al. The effect of lighting program and melatonin on the alleviation of the negative impact of heat stress on the immune response in broiler chickens //International Journal of Poultry Science. – 2007. – Т. 6. – №. 9. – С. 651-660.
35. Abbas A. O. et al. The effects of photoperiod programs on broiler chicken performance and immune response //International Journal of Poultry Science. – 2008. – Т. 7. – №. 7. – С. 665-671.
36. Afzal A. Melatonin as a multifunctional modulator: Emerging insights into its role in health, reproductive efficiency, and productive performance in livestock //Frontiers in physiology. – 2024. – Т. 15. – С. 1501334.
37. Anderson K. E. et al. Changes in commercial laying stock performance, 1958-2011: thirty-seven flocks of the North Carolina random sample and subsequent layerperformance and management tests //World's Poultry Science Journal. – 2013. – Т. 69. – №. 3. – С. 489-514.
38. Antoch M. P. et al. Functional identification of the mouse circadian Clock gene by transgenic BAC rescue //Cell. – 1997. – Т. 89. – №. 4. – С. 655-667.
39. Aschoff J. Aktivitätsperiodik bei Gimpeln unter natürlichen und künstlichen Belichtungsverhältnissen //Zeitschrift fuer vergleichende Physiologie. – 1953. – Т. 35. – №. 3. – С. 159-166.
40. Aschoff J. Circadian activity rhythms in chaffinches (*Fringilla coelebs*) under constant conditions //The Japanese journal of physiology. – 1966. – Т. 16. – №. 4. – С. 363-370.

41. Aschoff J. Die 24-Stunden-Periodik der maus unter konstanten umgebungsbedingungen //Naturwissenschaften. – 1951. – T. 38. – №. 21. – C. 506-507.
42. Aschoff J. Frequenzaenderungen der aktivitaetsperiodik bei Maeusen im Dauerlicht und Dauerdunkel //Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. – 1952. – T. 255. – №. 3. – C. 197-203.
43. Aschoff J. Tagesperiodik bei Mäusestämmen unter konstanten Umgebungsbedingungen //Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. – 1955. – T. 262. – №. 1. – C. 51-59.
44. Aschoff J. Tierische Periodik unter dem Einfluß von Zeitgebern //Zeitschrift für Tierpsychologie. – 1958. – T. 15. – №. 1. – C. 1-30.
45. Aschoff J. Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik //Naturwissenschaften. – 1954. – T. 41. – №. 3. – C. 49-56.
46. Aschoff J., Gerecke U., Wever R. Phasenbeziehungen zwischen den circadianen Perioden der Aktivität und der Kerntemperatur beim Menschen //Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. – 1967. – T. 295. – №. 2. – C. 173-183.
47. Aschoff J., Meyer-Lohmann J. Angeborene 24-Stunden-Periodik beim Kücken //Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere. – 1954. – T. 260. – №. 2. – C. 170-176.
48. Aschoff J., Meyer-Lohmann J. Die Aktivität gekäfigter Grünfinken im 24-Stunden-Tag bei unterschiedlich langer Lichtzeit mit und ohne Dämmerung //Zeitschrift für Tierpsychologie. – 1955. – T. 12. – №. 2. – C. 254-265.
49. Aschoff J., Meyer-Lohmann J. Die Aktivitätsperiodik von Nagern im künstlichen 24-Stunden-Tag mit 6–20 Stunden Lichtzeit //Zeitschrift für vergleichende Physiologie. – 1955. – T. 37. – №. 2. – C. 107-117.
50. Aschoff J., Wever R. Circadian period and phase-angle difference in chaffinches (*Fringilla coelebs* L.) //Comparative biochemistry and physiology. – 1966. – T. 18. – №. 2. – C. 397-404.

51. Ball N. G., Dyke I. J., Wilkins M. B. The occurrence of endogenous rhythms in the coleoptiles in various cereal genera //Journal of Experimental Botany. – 1957. – T. 8. – №. 3. – C. 339-347.
52. Bargiello T. A., Young M. W. Molecular genetics of a biological clock in *Drosophila* //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1984. – T. 81. – №. 7. – C. 2142-2146.
53. Bartlett B. C., Stevenson D. J. Analysis of a Precambrian resonance-stabilized day length //Geophysical Research Letters. – 2016. – T. 43. – №. 11. – C. 5716-5724.
54. Baxter M. et al. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye //Poultry Science. – 2014. – T. 93. – №. 5. – C. 1289-1297.
55. Baxter M. et al. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye //Poultry Science. – 2014. – T. 93. – №. 5. – C. 1289-1297.
56. Becot L. et al. Nest acceptance, clutch, and oviposition traits are promising selection criteria to improve egg production in cage-free system //PLOS One. – 2021. – T. 16. – №. 5. – C. e0251037.
57. Bédécarrats G. Y., Hanlon C. Effect of lighting and photoperiod on chicken egg production and quality //Egg Innovations and Strategies for Improvements. – Academic Press, 2017. – C. 65-75.
58. Begley, J. (2021). John Hill (1714?–1775) on ‘Plant Sleep’: experimental physiology and the limits of comparative analysis. *Annals of Science*, 78(1), 41–63. <https://doi.org/10.1080/00033790.2020.1813807>
59. Beling L., Über das Zeitgedächtnis der Bienen, *Z. vergl. Physiol.*, 9, 259-338 (1929).
60. Benoit J., Assenmacher I. Comparative sensitivity of superficial and deep receptors in photosexual reflex in duck //Comptes rendus hebdomadaires des seances de l'Academie des sciences. – 1954. – T. 239. – №. 1. – C. 105-107.

61. Blatchford R. A. et al. The effect of light intensity on the behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens //Poultry science. – 2009. – T. 88. – №. 1. – C. 20-28.
62. Blatchford R. A., Archer G. S., Mench J. A. Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens //Poultry Science. – 2012. – T. 91. – №. 8. – C. 1768-1774.
63. Bouvet R., Posthumus S. Mouvantes et émouvantes: Les plantes à travers le récit. – Les Presses de l'Université de Montréal, 2024.
64. Bremer V. D. H. Über die tageszeitliche Konstanz im Schlüpftermine der Imagines //Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie. – 1926. – T. 21. – C. 209.
65. Buckland R. B. The effect of intermittent lighting on chicken and turkey meat production. World's Poultry Science Journal. 1975;31(4):262-270. Doi:10.1079/WPS19750019
66. Buhnemann F. Das endodiurnale System der //Oedogoniumzelle. II. Der Einfluss von Stoff. – 1955.
67. Bunning E. Zur Kenntnis der endonomen Tagesrhythmik bei Insekten und bei Pflanzen //Ber Deut Bot Ges. – 1935. – T. 53. – C. 594-623.
68. Bunning E. Zur Kenntnis der erblichen Tagesperiodizität von Phaseolus multiflorus //Jahrb. Wiss. Bot. – 1935. – T. 81. – C. 411-418.
69. Cao J. et al. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth //Journal of Applied Poultry Research. – 2008. – T. 17. – №. 2. – C. 211-218.
70. Cassone V. M. et al. Avian circadian organization //Biological timekeeping: clocks, rhythms and behaviour. – New Delhi : Springer India, 2017. – C. 241-256.
71. Cassone V. M., Menaker M. Sympathetic regulation of chicken pineal rhythms //Brain Research. – 1983. – T. 272. – №. 2. – C. 311-317.
72. Chaix A. et al. Time-restricted feeding is a preventative and therapeutic intervention against diverse nutritional challenges //Cell metabolism. – 2014. – T. 20. – №. 6. – C. 991-1005.

73. Chen H. et al. Effects of photoperiod on ovarian morphology and carcass traits at sexual maturity in pullets //Poultry Science. – 2007. – T. 86. – №. 5. – C. 917-920.
74. Choi H. et al. Comparison of laying performance and egg quality in crossbred Korean native commercial layers and Hy-Line brown raised in individual cages //Poultry Science and Biotechnology. – 2024. – T. 51. – №. 4. – C. 257-266.
75. Crosio C. et al. Light induces chromatin modification in cells of the mammalian circadian clock //Nature neuroscience. – 2000. – T. 3. – №. 12. – C. 1241-1247.
76. Darwin C. Ch. Darwin's gesammelte werke: Bd. 1. Hälfte. Die Bewegungen und Lebensweise der kletternden Pflanzen. 2. Abth. Die verschiedenen Einrichtungen durch welche Orchideen von Insecten befruchtet werden. 2. durchgesehene Aufl. 3. Abth. Die verschiedenen Blütenformen an Pflanzen der nämlichen Art. – E. Schweizerbart, 1899. – T. 9.
77. de Mairan J. J. Observation botanique //Histoire de l'Académie Royale des Sciences Paris. – 1729.
78. de Souza Granja Barros J. et al. Impact of light spectrum electromagnetic radiation variations on performance and hormonal profiles in laying hens //Scientific Reports. – 2024. – T. 14. – №. 1. – C. 30250.
79. de Winter N. J. et al. Subdaily-scale chemical variability in a *Torreites sanchezi* rudist shell: Implications for rudist paleobiology and the Cretaceous day-night cycle //Paleoceanography and Paleoclimatology. – 2020. – T. 35. – №. 2. – C. E2019PA003723.
80. do Nascimento C. H. et al. Split feeding for laying hens: a step beyond precision nutrition //Poultry science. – 2025. – T. 104. – №. 7. – C. 105158.
81. Downs K. M. et al. The effects of photoperiod length, light intensity, and feed energy on growth responses and meat yield of broilers //Journal of applied poultry research. – 2006. – T. 15. – №. 3. – C. 406-416.
82. Duhamel du Monceau, La Physique des Arbes., Vol.2, Paris, p. 158-159, 1759.

83. Ebihara S., Uchiyama K., Oshima I. Circadian organization in the pigeon, *Columba livia*: the role of the pineal organ and the eye //Journal of Comparative Physiology A. – 1984. – T. 154. – №. 1. – C. 59-69.
84. Fletcher D. L. et al. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content //Poultry Science. – 1983. – T. 62. – №. 9. – C. 1800-1805.
85. Forel V. A. Das sinnesleben der insekten: eine sammlung von experimentellen und kritischen studien ueber insektenpsychologie //Muenchen, Germany: Reinhardt. – 1910. – C. 393.
86. Forsgren E. On the Relationship between the Formation of Bile and Glycogen in the Liver of Rabbit. ¹ //Skandinavisches Archiv Für Physiologie. – 1928. – T. 53. – C. 137.
87. Galan L., Solcan G., Solcan C. The Influence of Different Light Spectra on Broiler Chicken Endocrine Systems and Productivity //Animals. – 2025. – T. 15. – №. 21. – C. 3209.
88. Geng A. L. et al. Effects of light regime on circadian rhythmic behavior and reproductive parameters in native laying hens //Poultry Science. – 2022. – T. 101. – №. 5. – C. 101808.
89. Ghanima M. M. A. et al. Growth, carcass traits, immunity and oxidative status of broilers exposed to continuous or intermittent lighting programs //Animal Bioscience. – 2020. – T. 34. – №. 7. – C. 1243.
90. Gharahveysi S. et al. Effects of colour and intensity of artificial light produced by incandescent bulbs on the performance traits, thyroid hormones, and blood metabolites of broiler chickens //Italian Journal of Animal Science. – 2020. – T. 19. – №. 1. – C. 1-7.
91. Gongruttananun N., Guntapa P. Effects of red light illumination on productivity, fertility, hatchability and energy efficiency of Thai indigenous hens //Agriculture and Natural Resources. – 2012. – T. 46. – №. 1. – C. 51-63.

92. Gulabrai B. P. et al. The influence of genetic strain on production and egg quality amongst four strains of laying hens housed in a cage-free environment //Poultry Science. – 2025. – T. 104. – №. 6. – C. 105073.
93. Güntürkün O., Emmerton J., Delius J. Neural asymmetries and visual behaviour in birds. – 1989.
94. Guyomarc'h C., Guyomarc'h J. C. Testosterone levels and the free running rhythm of feeding activity in Japanese quail in darkness //General and comparative endocrinology. – 1994. – T. 96. – №. 2. – C. 165-171.
95. Gwinner E. Circadian and circannual programmes in avian migration //Journal of Experimental Biology. – 1996. – T. 199. – №. 1. – C. 39-48.
96. Gwinner E., Hau M., Heigl S. Melatonin: generation and modulation of avian circadian rhythms //Brain research bulletin. – 1997. – T. 44. – №. 4. – C. 439-444.
97. Halberg F. et al. Physiologic 24-hour periodicity in human beings and mice, the lighting regimen and daily routine //Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. – 1959. – T. 55. – C. 803-878.
98. Halberg F. et al. Physiologic 24-hour periodicity in human beings and mice, the lighting regimen and daily routine //Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. – 1959. – T. 55. – C. 803-878.
99. Halberg F. Physiologic 24-hour periodicity; general and procedural considerations with reference to the adrenal cycle //Z. Vitamin-, Hormon-u Fermentforsch. – 1959. – T. 10. – C. 225.
100. Halberg F., Howard R. B. 24 hour periodicity and experimental medicine: examples and interpretations //Postgraduate Medicine. – 1958. – T. 24. – №. 4. – C. 349-358.
101. Halberg F., Visscher M. B., Bittner J. J. Relation of visual factors to eosinophil rhythm in mice //American Journal of Physiology-Legacy Content. – 1954. – T. 179. – №. 2. – C. 229-235.
102. Han S. et al. Influence of three lighting regimes during ten weeks growth phase on laying performance, plasma levels-and tissue specific gene expression-of

reproductive hormones in Pengxian yellow pullets //Plos one. – 2017. – T. 12. – №. 5. – C. e0177358.

103. Hardin P. E., Hall J. C., Rosbash M. Feedback of the *Drosophila* period gene product on circadian cycling of its messenger RNA levels //Nature. – 1990. – T. 343. – №. 6258. – C. 536-540.

104. Harker J. E. Factors controlling the diurnal rhythm of activity of *Periplaneta americana* L //Journal of Experimental Biology. – 1956. – T. 33. – №. 1. – C. 224-234.

105. Harker J. E. Internal factors controlling the suboesophageal ganglion neurosecretory cycle in *Periplaneta americana* L //Journal of Experimental Biology. – 1960. – T. 37. – №. 1. – C. 164-170.

106. Hemmingsen A. M., Krarup N. B. Rhythmic Diurnal Variations in the Oestrous Phenomena of the Rat and Their Susceptibility to Light and Dark: With 4 Tables... and 1 Table in the Text. – Levin & Munksgaard, 1937.

107. Historia Animalium Book X: Aristotle's Endoxon, Topos and Dialectic on On Failure to Reproduce. – Cambridge University Press, 2023. – T. 61.

108. Hoffmann K. Aktivitätsregistrierungen bei 105risch geschlüpften Eidechsen //Zeitschrift für vergleichende Physiologie. – 1955. – T. 37. – №. 4. – C. 253-262.

109. Hoffmann K. Angeborene tagesperiodik bei eidechsen //Naturwissenschaften. – 1957. – T. 44. – №. 12. – C. 359-360.

110. Hoffmann K. Über den Einfluß der Temperatur auf die Tagesperiodik bei einem Poikilothermen //Naturwissenschaften. – 1957. – T. 44. – №. 12. – C. 358-358.

111. Hoffmann K. Versuche zu der im Richtungsfinden der Vögel enthaltenen Zeitschätzung //Zeitschrift für Tierpsychologie. – 1954.

112. Hoffmann K. Versuche zur Analyse der Tagesperiodik: I. Der Einfluss der Lichtintensitaet //Zeitschrift für vergleichende Physiologie. – 1960. – T. 43. – №. 5. – C. 544-566.

113. Horodincu L., Solcan C. Influence of different light spectra on melatonin synthesis by the pineal gland and influence on the immune system in chickens //Animals. – 2023. – T. 13. – №. 13. – C. 2095.

114. Horstmann E. Die tagesperiodischen Pigmentwanderungen im Facettenauge von Nachschmetterlingen //Biol. Zbl. – 1935. – T. 55. – C. 93-97.
115. Houdelier C., Guyomarc'h C., Lumineau S. Daily temporal organization of laying in Japanese quail: variability and heritability //Chronobiology international. – 2002. – T. 19. – №. 2. – C. 377-392.
116. Huang H. et al. Geological evidence reveals a staircase pattern in Earth's rotational deceleration evolution //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2024. – T. 121. – №. 33. – C. E2317051121.
117. Hussey, K.D. Timeless spaces: Field experiments in the physiological study of circadian rhythms, 1938–1963. HPLS 45, 17 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40656-023-00571-w>
118. IBARAKI K. et al. Effect of 28-h Ahemeral Light-Dark Cycle on Egg Production and Egg Shell Qualities of Laying Hens I. Effect on oviposition time, rate of lay and egg yolk weight //Japanese poultry science. – 1985. – T. 22. – №. 4. – C. 181-189.
119. IBARAKI K. et al. Effect of 28-h ahemeral light-dark cycles on egg production and egg shell qualities of laying hens ii. Effect of 28-h ahemeral LD cycle on egg qualities at mature and aged stages //Japanese poultry science. – 1988. – T. 25. – №. 2. – C. 93-101.
120. Kalmus H., Periodizität und Autochronie (-Ideochronie) als zeitregelnde Eigenschaften der Organismen, Biol. gen., 11, 93-114 (1935).
121. Kiesel A. Untersuchungen zur Physiologie des facettierten Auges. – Hamel, 1894. – T. 26. – №. 14.
122. Kim H. J. et al. Effects of photoperiod on the performance, blood profile, welfare parameters, and carcass characteristics in broiler chickens //Animals. – 2022. – T. 12. – №. 17. – C. 2290.
123. King D. P. et al. Positional cloning of the mouse circadian clock gene //Cell. – 1997. – T. 89. – №. 4. – C. 641-653.
124. Kleinhoonte A. Über die durch das Licht regulierten autonomen Bewegungen der Canavalia-Blätter. – Société hollandaise des sciences, 1929.

125. Kleinhoonte A. Untersuchungen über die autonomen bewegungen der primärblätter von *canavalia ensiformis* dc. – 1932.
126. Koelkebeck K. W., Biellier H. V. Effect of ahemeral light-dark cycles on production and egg quality of laying hens //Poultry Science. – 1986. – T. 65. – №. 5. – C. 874-880.
127. Konopka R. J., Benzer S. Clock mutants of *Drosophila melanogaster* // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1971. – T. 68. – №. 9. – C. 2112-2116.
128. Kristensen H. H. et al. Modelling the dynamic activity of broiler chickens in response to step-wise changes in light intensity //Applied animal behaviour science. – 2006. – T. 101. – №. 1-2. – C. 125-143.
129. Lee J. et al. The role of artificial lighting in laying Hen management //Korean Journal of Poultry Science. – 2025. – T. 52. – №. 2. – C. 105-121.
130. Leeson S., Summers J. D., Etches R. J. Effect of a 28 hour light: dark cycle on egg shell quality of end-of-lay birds //Poultry Science. – 1979. – T. 58. – №. 2. – C. 285-287.
131. Leinweber F. J. Über die Temperaturabhängigkeit der Periodenlänge bei der endogenen Tagesrhythmik von *Phaseolus* : дис. – Verlag nicht ermittelbar, 1956.
132. Levkovich G. et al. Synchronizing food availability with the natural rhythm substantially improves reproduction and extends healthspan in laying hens //Scientific Reports. – 2024. – T. 14. – №. 1. – C. 18780.
133. Lewis P. D., Perry G. C., Morris T. R. Effect of size and timing of photoperiod increase on age at first egg and subsequent performance of two breeds of laying hen //British poultry science. – 1997. – T. 38. – №. 2. – C. 142-150.
134. Li C., Shu H., Gu X. Photoperiod management in farm animal husbandry: a review //Animals. – 2025. – T. 15. – №. 4. – C. 591.
135. Lin M. J. et al. Effect of light duration and variation on the growth and reproductive performance in breeder geese //Animal Bioscience. – 2025. – T. 39. – №. 2. – C. 250349.

136. Lincoln G. A brief history of circannual time //Journal of Neuroendocrinology. – 2019. – T. 31. – №. 3. – C. E12694.
137. Liu X. et al. Effects of 28 h ahemeral light cycle on production performance, egg quality, blood parameters, and uterine characteristics of hens during the late laying period //Poultry Science. – 2024. – T. 103. – №. 5. – C. 103489.
138. Liu X. et al. Long-24-h ahemeral light cycle improved eggshell quality of hens in late laying period //Poultry Science. – 2025. – T. 104. – №. 4. – C. 104959.
139. Liu Y. et al. Avian photoreceptor homologies and the origin of double cones //Current Biology. – 2025. – T. 35. – №. 10. – C. 2215-2227. e6.
140. Magee C. L. et al. Effect of photoperiod on live performance in broiler chicks from placement to 14-days-of-age //Journal of Applied Poultry Research. – 2022. – T. 31. – №. 4. – C. 100295.
141. Menaker M. Extraretinal light perception in the sparrow. I. Entrainment of the biological clock //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1968. – T. 59. – №. 2. – C. 414-421.
142. Menaker M., Underwood H. Extraretinal photoreception in birds //Extraretinal Photoreception. – 1976. – C. 299-306.
143. Mitchell R. N., Kirscher U. Mid-Proterozoic day length stalled by tidal resonance //Nature Geoscience. – 2023. – T. 16. – №. 7. – C. 567-569.
144. Mongin P., Sauveur B. Voluntary food and calcium intake by the laying hen //British poultry science. – 1974. – T. 15. – №. 4. – C. 349-359.
145. Moore R. Y., Eichler V. B. Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat //Brain research. – 1972.
146. Moore-Ede M. C. et al. The clocks that time us: physiology of the circadian timing system //(No Title). – 1982.
147. Morris T. R. The effects of ahemeral light and dark cycles on egg production in the fowl //Poultry Science. – 1973. – T. 52. – №. 2. – C. 423-445.
148. Myers M. P. et al. Positional cloning and sequence analysis of the Drosophila clock gene, timeless //Science. – 1995. – T. 270. – №. 5237. – C. 805-808.

149. Nakahata Y. et al. The NAD⁺-dependent deacetylase SIRT1 modulates CLOCK-mediated chromatin remodeling and circadian control //Cell. – 2008. – T. 134. – №. 2. – C. 329-340.
150. Nakane Y., Yoshimura T. Photoperiodic regulation of reproduction in vertebrates //Annual Review of Animal Biosciences. – 2019. – T. 7. – №. 1. – C. 173-194.
151. Nangsuay A. et al. Differences in egg nutrient availability, development, and nutrient metabolism of broiler and layer embryos //Poultry Science. – 2015. – T. 94. – №. 3. – C. 415-423.
152. Nega T. E. et al. Influence of Daylength, light Color, light Intensity, and sources on the performance of Growers, and layers of different strains of chicken: A review //EC Nutr. – 2024. – T. 19. – C. 01-171.
153. Nelson J. R. et al. Comparison of an intermittent, short-dawn/dusk photoperiod with an increasing, long-dawn/dusk photoperiod on broiler growth, stress, and welfare //Poultry science. – 2020. – T. 99. – №. 8. – C. 3908-3913.
154. Nelson J. R. et al. Light emitting diode (LED) color and broiler growth: effect of supplementing blue/green LED to white LED light on broiler growth, stress, and welfare //Poultry Science. – 2020. – T. 99. – №. 7. – C. 3519-3524.
155. Newberry R. C., Hunt J. R., Gardiner E. E. Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens //Poultry Science. – 1988. – T. 67. – №. 7. – C. 1020-1025.
156. Nishiitsutsuji-Uwo J., Pittendrigh C. S. Central nervous system control of circadian rhythmicity in the cockroach: III. The optic lobes, locus of the driving oscillation? //Zeitschrift für vergleichende Physiologie. – 1968. – T. 58. – №. 1. – C. 14-46.
157. Nordstrom J. O., Ousterhout L. E. Ahemeral light cycles and protein levels for older laying hens //Poultry Science. – 1983. – T. 62. – №. 3. – C. 525-531.
158. Nys Y. et al. Food, calcium and water intakes by hens lit continuously from hatching //British Poultry Science. – 1976. – T. 17. – №. 3. – C. 351-358.

159. Olanrewaju H. A. et al. Interactive effects of light-sources, photoperiod, and strains on growth performance, carcass characteristics, and health indices of broilers grown to heavy weights //Poultry Science. – 2019. – T. 98. – №. 12. – C. 6232-6240.
160. Oshima I. et al. The role of melatonin in the circadian system of the pigeon, *Columba livia* //Circadian clocks and ecology. – 1989. – C. 118-126.
161. Ottinger M. A., Bakst M. R. Endocrinology of the avian reproductive system //Journal of Avian Medicine and Surgery. – 1995. – C. 242-250.
162. Park O., Keller J. G. Studies in Nocturnal Ecology, II. Preliminary Analysis of Activity Rhythm in Nocturnal Forest Insects //Ecology. – 1932. – T. 13. – №. 4. – C. 335-346.
163. Patterson P. H. The relationship of oviposition time and egg characteristics to the daily light: dark cycle //Journal of Applied Poultry Research. – 1997. – T. 6. – №. 4. – C. 381-390.
164. Petré T. Weitere Untersuchungen über den Tagesrhythmus von Hühnerembryonen und Kücken //Acta Medica Scandinavica. – 1955. – T. 152. – №. S307. – C. 42-47.
165. Pfeffer W. Die periodischen bewegungen der blattorgane. – Engelmann, 1875.
166. Pittendrigh C. S., Bruce V. G. An oscillator model for biological clocks //Rhythmic and synthetic processes in growth. – 1957. – T. 34.
167. Pittendrigh C., Bruce V., Kaus P. On the significance of transients in daily rhythms //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1958. – T. 44. – №. 9. – C. 965-973.
168. Prayitno D. S., Phillips C. J., Stokes D. K. The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens //Poultry science. – 1997. – T. 76. – №. 12. – C. 1674-1681.
169. Price J. L. et al. double-time is a novel *Drosophila* clock gene that regulates PERIOD protein accumulation //Cell. – 1998. – T. 94. – №. 1. – C. 83-95.

170. Promket D. et al. Identification of melatonin receptors type c (MTNR1C) and neuropeptide y (NPY) genes related to egg production in Thai indigenous chickens //Adv. Anim. Vet. Sci. – 2024. – T. 12. – №. 2. – C. 206-215.
171. Reddy P. et al. Molecular analysis of the period locus in *Drosophila melanogaster* and identification of a transcript involved in biological rhythms //Cell. – 1984. – T. 38. – №. 3. – C. 701-710.
172. Remonato Franco B. M. The Influence of Wavelength on Production, Behaviour, Health, and Welfare of Broiler Chickens : дис. – 2022.
173. Reppert S. M., Weaver D. R. Coordination of circadian timing in mammals //Nature. – 2002. – T. 418. – №. 6901. – C. 935-941.
174. Reyad A. R. N., Mohamed O. A. A Comparative Study of The Effect of White And Blue-Green LED Light Wavelengths On Growth Performance, Feed Efficiency, And Behavioural Traits In Cobb Broiler Chickens //Egyptian Poultry Science Journal. – 2024. – T. 44. – №. 4. – C. 393-402.
175. Rosenberg G. D. Growth rhythms, evolution of the Earth's interior, and origin of the Metazoa //Geophysical surveys. – 1985. – T. 7. – №. 2. – C. 185-199.
176. Sachs J. Über das abwechselnde Erbleichen und Dunkelwerden der Blätter bei wechselnder Beleuchtung //Ber. Verhandl. Sächs. Wiss., math.-phys. Kl. – 1859. – T. 11. – C. 226.
177. Scanes C. G. Discontinuities in understanding follicular development, the ovulatory cycle and the oviposition cycles in the hen: advances, opportunities, slow downs and complete stops //Frontiers in Physiology. – 2022. – T. 13. – C. 1023528.
178. Schwartz, W.J., Daan, S. (2017). Origins: A Brief Account of the Ancestry of Circadian Biology. In: Kumar, V. (eds) Biological Timekeeping: Clocks, Rhythms and Behaviour. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-3688-7_1
179. Schwan-Lardner K. et al. Effect of day length on cause of mortality, leg health, and ocular health in broilers //Poultry Science. – 2013. – T. 92. – №. 1. – C. 1-11.
180. Sehgal A. et al. Loss of circadian behavioral rhythms and per RNA oscillations in the *Drosophila* mutant timeless //Science. – 1994. – T. 263. – №. 5153. – C. 1603-1606.

181. Shanawany M. M. The effect of ahemeral light and dark cycles on the performance of laying hens—(a review) //World's Poultry Science Journal. – 1982. – T. 38. – №. 2. – C. 120-126.
182. Shynkaruk T. et al. The impact of dark exposure on broiler feeding behavior and weight of gastrointestinal tract segments and contents //Poultry science. – 2019. – T. 98. – №. 6. – C. 2448-2458.
183. Siopes T. D., Neely E. R. Ahemeral lighting of turkey breeder hens. 1. Cycle length effects on egg production and egg characteristics //Poultry science. – 1997. – T. 76. – №. 5. – C. 761-766.
184. Siwicki K. K. et al. Antibodies to the period gene product of *Drosophila* reveal diverse tissue distribution and rhythmic changes in the visual system //Neuron. – 1988. – T. 1. – №. 2. – C. 141-150.
185. Soliman F. N. K., El-Sabroun K. Light wavelengths/colors: Future prospects for broiler behavior and production //Journal of Veterinary Behavior. – 2020. – T. 36. – C. 34-39.
186. SONODA Y., IBARAKI K., IMAI K. Clutch pattern and ovipository cycles in laying WE quail //Japanese poultry science. – 1985. – T. 22. – №. 6. – C. 297-303.
187. Steiger S. S. et al. When the sun never sets: diverse activity rhythms under continuous daylight in free-living arctic-breeding birds //Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2013. – T. 280. – №. 1764.
188. Stein G. S., Bacon W. L. Effect of photoperiod upon age and maintenance of sexual development in female *Coturnix coturnix japonica* //Poultry Science. – 1976. – T. 55. – №. 4. – C. 1214-1218.
189. Stephan F. K., Zucker I. Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1972. – T. 69. – №. 6. – C. 1583-1586.
190. Stephenson F. R., Morrison L. V., Hohenkerk C. Y. Measurement of the Earth's rotation: 720 BC to AD 2015 //Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2016. – T. 472. – №. 2196.

191. Suvindra N. and Balneiv D. (1986). Intermittent lighting and broiler feeding mode with long periods of darkness. *British Poultry Science*, 27(2), 225–236.
<https://doi.org/10.1080/00071668608416875>
192. Tůmová E. et al. Interaction between oviposition time, age, and environmental temperature and egg quality traits in laying hens and broiler breeders // *Czech Journal of Animal Science*. – 2012. – T. 57. – №. 12. – C. 541-549.
193. Underwood H., Steele C. T., Zivkovic B. Circadian organization and the role of the pineal in birds // *Microscopy research and technique*. – 2001. – T. 53. – №. 1. – C. 48-62.
194. Uni Z., Yadgary L., Yair R. Nutritional limitations during poultry embryonic development // *Journal of Applied Poultry Research*. – 2012. – T. 21. – №. 1. – C. 175-184.
195. Vitaterna M. H. et al. Mutagenesis and mapping of a mouse gene, *Clock*, essential for circadian behavior // *Science*. – 1994. – T. 264. – №. 5159. – C. 719-725.
196. Voss hall L. B. et al. Block in nuclear localization of period protein by a second clock mutation, *timeless* // *Science*. – 1994. – T. 263. – №. 5153. – C. 1606-1609.
197. Wagner H. O. Über Jahres-und Tagesrhythmus bei Zugvögeln* II. Mitteilung // *Zeitschrift für Tierpsychologie*. – 1956. – T. 13. – №. 1. – C. 82-92
198. Wahl O., Neue Untersuchungen über das Zeitgedächtnis der Bienen, *Z. vergl. Physiol.*, 16, 529-589 (1932).
199. Walton J. C., Weil Z. M., Nelson R. J. Influence of photoperiod on hormones, behavior, and immune function // *Frontiers in neuroendocrinology*. – 2011. – T. 32. – №. 3. – C. 303-319.
200. Wang X. et al. Photoperiod as a Neuroendocrine Regulator: A Review on Pineal-Melatonin Signaling and Physiological Plasticity in Poultry // *Poultry Science*. – 2026. – C. 106743.
201. Weaver Jr W. D., Siegel P. B. Photoperiodism as a factor in feeding rhythms of broiler chickens // *Poultry science*. – 1968. – T. 47. – №. 4. – C. 1148-1154.

202. Williams G. E. Geological constraints on the Precambrian history of Earth's rotation and the Moon's orbit //Reviews of Geophysics. – 2000. – T. 38. – №. 1. – C. 37-59.
203. Wilson W. O., Woodard A. E., Abplanalp H. Exogenous regulation of oviposition in chicken //Poultry Science. – 1964. – T. 43. – №. 5. – C. 1187-1192.
204. Wu Y. et al. Light regimen on health and growth of broilers: an update review //Poultry science. – 2022. – T. 101. – №. 1. – C. 101545.
205. Xu J. et al. Improved Eggshell Quality in Aged Hens Through Circadian Gut Microbiota and Metabolite Changes Induced by a 28-h Ahemeral Light Cycle // Animals. – 2025. – T. 15. – №. 21. – C. 3086.
206. Xu J. et al. Improved Eggshell Quality in Aged Hens Through Circadian Gut Microbiota and Metabolite Changes Induced by a 28-h Ahemeral Light Cycle // Animals. – 2025. – T. 15. – №. 21. – C. 3086.
207. Yadgary L. et al. Yolk sac nutrient composition and fat uptake in late-term embryos in eggs from young and old broiler breeder hens //Poultry Science. – 2010. – T. 89. – №. 11. – C. 2441-2452.
208. Yan J. et al. Adjusting phosphate feeding regimen according to daily rhythm increases eggshell quality via enhancing medullary bone remodeling in laying hens //Journal of Animal Science and Biotechnology. – 2023. – T. 14. – №. 1. – C. 17.
209. Yang Y. et al. A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: Response to mixed LED light system //Scientific Reports. – 2016. – T. 6. – №. 1. – C. 25972.
210. Yang Y. F. et al. The relationship of spectral sensitivity with growth and reproductive response in avian breeders (*Gallus gallus*) //Scientific Reports. – 2016. – T. 6. – №. 1. – C. 19291.
211. Yoshimura T. et al. Light-induced hormone conversion of T4 to T3 regulates photoperiodic response of gonads in birds //Nature. – 2003. – T. 426. – №. 6963. – C. 178-181.

212. Zakaria A. H. et al. Oviposition pattern, egg weight, fertility, and hatchability of young and old broiler breeders //Poultry Science. – 2005. – T. 84. – №. 9. – C. 1505-1509.

213. Zakaria A. H., Omar O. H. Egg laying pattern, egg weight, body weight at hatch, and sex ratio bias relative to oviposition time of young-and mid-age broiler breeders //Animal Reproduction Science. – 2013. – T. 141. – №. 1-2. – C. 80-85.

214. Zehring W. A. et al. P-element transformation with period locus DNA restores rhythmicity to mutant, arrhythmic *Drosophila melanogaster* //Cell. – 1984. – T. 39. – №. 2. – C. 369-376.

215. Zinn J. G. Von dem schlafe der pflanzen //Hamburgisches Magazin. – 1759. – T. 22. – №. 1. – C. 49-50.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Световой режим при содержании кур-несушек яйценоских линий

АО ППЗ «Лабинский»

Неделя	Возраст, дн	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Световой день, час.	Субъект ивный день., час	Освещен ность, лк.
17	116–119	7:00			17	10	10	12
18	120–126	6:00			17	11	11	12–15
19	127–133	5:00			17	12	12	12–15
20	134–140	5:00			18	13	13	12–15
21	141–147	5:00			19	14	14	12–15
22	148–154	5:00			19	14	14	12–15
23	155–161	5:00			19	14	14	12–15
24	162–168	5:00			19	14	14	12–15
25–28	169–196	5:00			19	15	15	12–15
29–33	197–231	4:00			19	15	15	12–15
34	232–238	4:00			19	15	15	12–15
35	239–245	4:00			19	15	15	12–15
36	246–252	4:00			19	15	15	12–15
37	253–259	4:00			19	15	15	12–15
38–39	260–273	4:00			19	15	15	12–15
40	274–280	4:00	12:00	12:30	19	14,5	15	12–15
41	281–287	4:00	12:00	13:00	19	14	15	12–15
42	288–294	4:00	12:00	13:00	19	14	15	12–15
43–72	295–504	4:00	12:00	13:00	19	14	15	12–15

Морфологические показатели белка яиц при различных циркадных ритмах

Месяц продуктивности	Контрольная – 24 ч				Опытная 1 – 23,25 ч				Опытная 2 – 22,5 ч			
	Масса, г	Высота, мм	Средний диаметр, мм	Индекс, %	Масса, г	Высота, мм	Средний диаметр, мм	Индекс, %	Масса, г	Высота, мм	Средний диаметр, мм	Индекс, %
1	14,6±0,2	19,2±0,1	39,1±0,2	0,51±0,01	13,6±0,3	18,6±0,3	38,3±0,3	0,49±0,01	13,3±0,2	18,1±0,4	38,1±0,3	0,47±0,01
2	15,0±0,3	21,3±0,3	42,6±0,4	0,52±0,01	14,2±0,2	20,1±0,5	38,7±0,5	0,52±0,01	13,8±0,3	20,0±0,2	35,8±0,6	0,55±0,01
3	16,1±0,2	22,4±0,2	42,1±0,3	0,52±0,01	14,8±0,4	21,5±0,2	41,1±0,4	0,52±0,01	16,5±1,7	22,2±0,2	40,5±0,3	0,54±0,02
4	16,4±0,3	21,8±0,3	42,7±0,4	0,52±0,01	14,5±0,7	21,7±0,2	40,6±0,3	0,53±0,01	15,1±0,2	22,1±0,2	40,8±0,4	0,54±0,01
5	16,5±0,4	21,7±0,3	42,8±0,4	0,52±0,01	16,0±0,6	21,8±0,3	42,4±0,5	0,49±0,03	16,2±0,8	22,0±0,2	41,6±0,3	0,52±0,01
6	16,8±0,2	21,9±0,3	42,6±0,4	0,52±0,01	15,9±0,3	21,8±0,3	42,4±0,5	0,51±0,01	16,5±0,3	21,6±0,3	42,9±0,4	0,50±0,01
7	16,6±0,2	21,8±0,3	42,3±0,3	0,52±0,01	15,4±0,4	22,1±0,3	42,1±0,4	0,52±0,01	16,9±0,4	21,8±0,3	42,9±0,4	0,50±0,01
8	16,2±0,3	21,7±0,3	41,2±1,2	0,53±0,01	16,8±0,3	21,8±0,2	41,5±1,2	0,54±0,03	16,4±0,2	21,7±0,2	42,8±0,4	0,50±0,01
9	16,6±0,3	21,9±0,2	42,6±0,3	0,51±0,01	16,1±0,2	21,2±0,1	42,2±0,2	0,52±0,01	16,6±0,3	21,8±0,3	42,6±0,5	0,51±0,01
10	16,7±0,3	21,8±0,2	42,3±0,1	0,51±0,01	16,6±0,2	21,4±0,2	42,2±0,2	0,51±0,01	16,8±0,3	22,0±0,3	42,5±0,2	0,52±0,01
11	16,9±0,3	22,1±0,3	42,7±0,3	0,53±0,01	15,9±0,3	21,7±0,2	42,8±0,4	0,52±0,01	16,8±0,3	22,1±0,3	42,9±0,2	0,51±0,01
12	17,1±0,2	22,3±0,2	42,9±0,2	0,52±0,01	16,0±0,3	21,8±0,2	42,0±0,4	0,52±0,01	16,9±0,4	22,1±0,3	42,6±0,3	0,52±0,01
M	16,3±0,2	21,7±0,2	42,2±0,4	0,52±0,01	15,5±0,3	21,3±0,3	41,4±0,4	0,5±0,01	16,0±0,4	21,5±0,4	41,3±0,7	0,51±0,01
Cv,%	4,6	3,8	2,5	1,3	6,4	4,6	3,5	2,8	7,7	5,6	5,5	4,3

Морфологические показатели показатели желтка яиц при разных циркадных ритмах

Месяц продуктив ности	Контрольная – 24 ч				Опытная 1 – 23,25 ч				Опытная 2 – 22,5 ч			
	Масса желтка, г	Высота, мм	Средний диаметр, мм	Индекс, %	Масса, г	Высота, мм	Средний диаметр, мм	Индекс, %	Масса, г	Высота, мм	Средний диаметр, мм	Индекс, %
1	39,5±0,2	13,4±0,5	71,8±1,0	0,19±0,01	36,5±0,7	11,4±0,3	96,7±3,8	0,12±0,01	35,1±2,6	8,9±0,5	71,5±2,7	0,11±0,0 1
2	39,2±0,3	13,2±0,3	72,8±0,7	0,19±0,01	36,4±1,0	10,0±0,3	66,0±1,0	0,15±0,01	36,7±0,5	11,3±0,3	62,7±1,2	0,17±0,0 2
3	40,1±0,4	13,5±0,3	74,1±1,2	0,19±0,01	37,5±0,7	12,0±0,3	83,8±2,8	0,14±0,01	35,3±1,8	13,9±0,3	71,2±1,3	0,19±0,0 1
4	40,2±0,4	13,7±0,5	73,5±1,2	0,19±0,01	38,3±0,9	13,8±0,3	72,8±0,9	0,19±0,01	37,7±0,6	14,6±0,3	72,5±1,3	0,2±0,01
5	39,9±0,3	13,3±0,4	75,9±1,3	0,18±0,01	38,6±1,0	13,7±0,3	74,6±0,9	0,28±0,02	38,3±0,7	13,9±0,3	73,3±1,2	0,2±0,01
6	39,8±0,5	13,8±0,5	74,2±1,0	0,19±0,01	39,7±0,9	13,5±0,5	71,9±1,0	0,19±0,01	39,4±0,6	11,7±0,3	74,6±1,2	0,15±0,0 1
7	39,6±0,6	12,4±0,3	75,7±1,2	0,18±0,01	39,2±0,7	13,2±0,3	73,2±0,8	0,18±0,01	40,0±0,7	12,5±0,2	73,4±1,6	0,17±0,0 1
8	39,9±0,3	13,1±0,5	74,6±1,8	0,18±0,01	39,7±0,8	12,3±0,4	75,7±1,4	0,16±0,01	39,3±0,5	12,5±0,4	72,3±0,9	0,17±0,0 1
9	39,7±0,5	13,6±0,5	72,5±1,0	0,19±0,01	39,3±1,1	12,9±0,5	75,3±1,3	0,17±1,33	39,3±1,0 2	12,7±0,4	74,8±2,2	0,17±0,0 1
10	39,6±0,2	13,1±0,5	73,8±1,5	0,18±0,01	39,6±0,8	12,9±0,4	75,0±1,1	0,17±0,01	38,9±0,5	12,8±0,2	76,5±0,7	0,17±0,0 1
11	39,5±0,3	13,7±0,5	71,8±0,2	0,19±0,01	39,5±0,8	13,6±0,3	72,3±0,9	0,19±0,01	39,4±0,8	12,8±0,2	76,6±0,6	0,17±0,0 1
12	39,6±0,4	13,6±0,5	72,0±0,2	0,19±0,01	39,4±0,7	13,6±0,5	72,0±0,2	0,19±0,01	38,8±0,6	13,2±0,4	74,4±1,0 1	0,18±0,0 1
М	39,7±0,1	13,4±0,1	73,6±0,4	0,19±0,01	38,6±0,4	12,7±0,3	75,8±2,3	0,17±0,01	38,2±0,5	12,6±0,4	72,8±1,1	0,17±0,0 1
Cv, %	0,2	2,9	1,9	2,6	3,1	8,9	10,2	22,16	4,3	11,8	4,9	13,9

Показатели качества скорлупы яиц при разных циркадных ритмах

Месяц продуктивности	Контрольная –24 ч		Опытная 1 – 23,25 ч		Опытная 2 – 22,5 ч	
	Масса, г	Толщина, мм	Масса, г	Толщина, мм	Масса, г	Толщина, мм
1	6,4±0,12	0,36±0,01	6,57±0,14	0,41±0,01	6,31±0,14	0,40±0,01
2	7,0±0,15	0,36±0,01	6,33±0,08	0,38±0,01	6,5±0,08	0,4±0,01
3	7,0±0,16	0,36±0,01	5,85±0,16	0,34±0,01	5,69±0,09	0,32±0,01
4	6,9±0,14	0,36±0,01	6,58±0,13	0,37±0,01	6,8±0,1	0,33±0,01
5	7,1±0,14	0,36±0,01	6,7±0,12	0,36±0,01	6,82±0,1	0,34±0,01
6	7,0±0,13	0,35±0,01	6,86±0,12	0,4±0,01	6,94±0,1	0,41±0,01
7	7,2±0,15	0,36±0,01	6,71±0,09	0,41±0,01	6,77±0,09	0,41±0,01
8	7,4±0,12	0,36±0,01	6,85±0,15	0,41±0,01	6,95±0,1	0,42±0,01
9	7,3±0,13	0,36±0,01	6,37±0,14	0,38±0,01	6,27±0,12	0,38±0,01
10	7,3±0,14	0,36±0,01	6,93±0,14	0,41±0,01	6,35±0,14	0,38±0,14
11	7,3±0,15	0,36±0,01	6,81±0,15	0,42±0,02	6,29±0,15	0,37±0,02
12	7,3±0,15	0,36±0,01	6,81±0,15	0,42±0,02	6,52±0,2	0,37±0,02
М	7,1±0,08	0,36±0,001	6,61±0,09	0,39±0,007	6,51±0,11	0,38±0,009
Сv,%	3,9	0,8	4,6	6,4	5,6	8,7