*На правах рукописи*

**Челнокова Марина Игоревна**

# МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМА КУР ЯИЧНЫХ КРОССОВ В АНТЕНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ОНТОГЕНЕЗА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ВО ВРЕМЯ ИНКУБАЦИИ

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора ветеринарных наук

Санкт-Петербург – 2024

Работа выполнена на кафедре ветеринарии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО ВГСХА)

**Научный консультант –** **Сулейманов Фархат Исмаилович,** доктор ветеринарных наук, профессор.

**Официальные оппоненты:** **Бушукина Ольга Сергеевна,** доктор ветеринарных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», кафедра морфологии, физиологии и ветеринарной патологии аграрного института, профессор;

**Хохлов Роман Юрьевич,** доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», кафедра ветеринарии, профессор;

**Фоменко Людмила Владимировна,** доктор ветеринарных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», кафедра анатомии, гистологии, физиологии и патологической анатомии, профессор.

**Ведущая организация –** ФГБОУ ВО «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет».

Защита диссертации состоится «23» мая 2024 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.034.02 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» по адресу: 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5, тел. 8(812)388-36–31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» по адресу: 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5 и на официальном сайте: https://www. spbguvm.ru

Автореферат разослан «_____» _____ 2024 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Хватов Виктор Александрович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы и степень её разработанности.** Птицеводство в настоящее время – одна из важнейших составляющих мирового и отечественного агропромышленного комплекса (Фисинин, В. И., 2019; Крячко, О.В., Лукоянова, Л., 2020; Клетикова, Л. В. и др., 2021; Карпенко, Л. Ю., Бохан, П. Д., 2020; Карпенко, Л. Ю. и др., 2022). Домашняя курица *Gallus gallus* является наиболее распространённым видом сельскохозяйственной птицы, а куриные эмбрионы – известным модельным экспериментальным организмом (Givisiez, P. E. N. et al., 2020; Khaliduzzaman, A. et al., 2020; Larkina, T. A. et al., 2021).

Эмбриогенез совершенно уникален с точки зрения закладки, становления морфофизиологических и биохимических систем организма. Антенатальному онтогенезу птиц отводится доминирующая роль в последующем становлении организма в постэмбриональном периоде. Эмбриональное развитие во многом определяет дальнейший уровень продуктивности и адаптации птицы (Ваххаб, С. А., Бушукина, О. С., 2016; Диких, А. А., Фоменко, Л. В., 2019; Селезнев, С. Б. и др., 2022; Tona, K. et al., 2022; Yalcin, S. et al., 2022). Основное развитие куриного эмбриона происходит вне организма матери, поэтому особую значимость для разворачивания строго детерминированной программы развития имеют факторы окружающей среды (Фисинин, В. И. и др., 1990; Yalcin, S. et al., 2022). Установлено положительное влияние на эмбриональное развитие птицы экзогенных факторов таких как: температура, свет, насыщение воздушной среды отрицательными аэроионами (Малофеев, А. А. и др., 2012, 2013; Хохлов, Р. Ю., Кузнецов, С. И., 2017; Абузярова, Г. А., Хохлов, Р. Ю., 2021), обработка яиц магнитным полем и лазерным излучением (Суйя, Е. В., Сулейманов. Ф. И., 2016; Сулейманов, Ф. И. и др., 2017; Челнокова, М. И., Шутенков, А. Г., 2017), введение инъекций «*in ovo*» и трансовариальная обработка яиц фармакологическими препаратами и естественными питательными веществами (Фисинин, В. И. и др., 2006; Азарнова, Т. О. и др., 2014; Индюхова, Е. Н. и др., 2019; Кочиш, И. И. и др., 2019; Долгорукова, А. М. и др., 2020; Yu, L. L. et al., 2018; Jha, R. et al., 2019).

**Степень разработанности темы исследования.** В естественных условиях инкубации происходят изменения температуры и освещения, когда наседка покидает гнездо для кормления и поения (Archer, G. S., Mench, J. A., 2014) или поднимается, чтобы перевернуть яйца (Rogers, L. J., 1995). Переменные температуры инкубации в отличие от стандартной температуры (Рудь, А. И., 1997; Голубцова, В. А., 2008; Половинцева, Т. А., 2008; Киппель, В. В., 2008; Джамил, Д. Х. Т., 2021; Sgavioli, S. et al., 2015; Morita, V. S. et al., 2016; Rocha, A. C. G. et al., 2021), а также освещение яиц светодиодными лампами положительно влияют на эмбриональный рост, выводимость, здоровье, качество цыплят-бройлеров и их рост после вылупления (Tainika, B., Bayraktar, Ö.H., 2021; Tona, K. et al., 2022; Yalcin, S. et al., 2022). Варьирование температуры и освещения (фотопериод, цвет, интенсивность освещения) яиц во время инкубации способствуют адаптации цыплят к окружающей среде после вылупления

посредством адаптивной реакции (Riaz, M. F. et al., 2021; Yalcin, S. et al., 2021, 2022). Однако остаются не до конца выясненными вопросы в изучении морфофункциональных особенностей развития организма кур яичных кроссов в антенатальном онтогенезе при воздействии экзогенных факторов во время инкубации; отсутствуют сведения о внутривидовых различиях в онтогенетической ритмичности и аллометрии роста кур в антенатальном онтогенезе, их висцеральных органов и энергетического обмена при переменных температурах инкубации в зависимости от принадлежности к кроссу кур яичной продуктивности, а также в пределах одного кросса в зависимости от цветового спектра светодиодного освещения яиц; не раскрыты особенности гистогенеза провизорных и висцеральных органов эмбрионов кур под воздействием экзогенных факторов среды инкубации в антенатальном онтогенезе; отсутствует комплексная морфофизиологическая оценка, включающая рост, гематологические, физиологические показатели, стрессоустойчивость эмбрионов кур яичного кросса, гистогенез шишковидной железы и качество суточных цыплят в зависимости от фотопериода светодиодного освещения во время инкубации. Из этого вытекает необходимость изучения морфометрических показателей роста, физиологических показателей и метаболизма эмбрионов кур яичного кросса при синергетическом воздействии светодиодного освещения и переменной температуры инкубации, как одного из новых подходов к инкубации яиц, приближенных к условиям естественного насиживания яиц несушкой, а также морфофизиологического обоснования возможных нейроэндокринных механизмов регуляции этих воздействий в процессе антенатального развития кур. Несомненно, эти данные имеют большое теоретическое значение для возрастной морфологии и физиологии продуктивной птицы, актуальны для решения производственной задачи – совершенствования технологии инкубации яиц современных кроссов кур яичной продуктивности, повышения качества и сохранности молодняка.

**Цель исследования** – анализ морфофункциональных особенностей развития организма кур яичной продуктивности в антенатальном периоде онтогенеза при использовании стандартного режима, переменных температур и светодиодного освещения различного цветового спектра при инкубации.

Для достижения цели нами поставлены следующие **задачи:**

1. Оценить особенности морфогенеза, аллометрического роста и метаболизма кур в антенатальном периоде онтогенеза в зависимости от принадлежности к кроссу яичной продуктивности при стандартном режиме инкубации и при использовании переменных температур во время инкубации;
2. Изучить особенности морфогенеза, аллометрического роста и метаболизма кур кросса яичного продуктивности в антенатальном периоде онтогенеза при использовании светодиодного освещения во время инкубации;
3. Оценить морфофункциональные особенности антенатального развития кур яичной продуктивности, их метаболизма, гистогенеза шишковидной железы, морфологических показателей крови и уровня стресса в зависимости от различного фотопериода красного светодиодного освещения;

4. Изучить динамику морфометрических показателей роста, метаболизма кур яичного кросса в антенатальном периоде онтогенеза при синергетическом воздействии переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации;

5. Установить особенности гистогенеза некоторых провизорных и висцеральных органов кур яичного направления продуктивности в антенатальном периоде онтогенеза при воздействии экзогенных факторов во время инкубации.

6. Изучить эффект применения переменных температур, красного светодиодного освещения и синергетического воздействия этих факторов во время инкубации яиц на качество суточных цыплят и сохранность молодняка кур кросса яичной продуктивности.

7. Произвести расчёт экономической эффективности разработанных режимов инкубации.

**Научная новизна.** Научно обоснована и экспериментально подтверждена *научная идея* о различном влиянии переменных температур и светодиодного освещения во время инкубации на развитие организма кур в антенатальном онтогенезе, принадлежащих к разным яичным кроссам. На основе анализа морфологических и физиологических данных многомерными математическими методами *установлены* внутривидовые различия в онтогенетической ритмичности и аллометрии роста кур в антенатальном периоде онтогенеза, их висцеральных органов и энергетического обмена при переменных температурах инкубации в зависимости от принадлежности к кроссу кур яичной продуктивности. *Выявлены* различия в онтогенетической ритмичности и аллометрии роста кур в пределах одного кросса в антенатальном онтогенезе, их висцеральных органов и энергетического обмена в зависимости от цветового спектра светодиодного освещения яиц. *Доказана* перспективность и целесообразность использования переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации яиц яичного кросса Ломанн Браун, проявляющаяся в повышении эмбрионального роста, интенсивном (аллометрическом) росте висцеральных органов, метаболических процессах в определённые периоды антенатального онтогенеза, снижении эмбриональной смертности, увеличении вывода суточного молодняка, повышении их качества и жизнеспособности, сохранности молодняка в предрепродуктивный период постнатального онтогенеза.

Комплексный методический подход позволил *доказать, что* в процессе антенатального развития кур на рост, развитие висцеральных органов, гематологические и физиологические показатели, уровень стресса, гистогенез шишковидной железы и показатели биологического контроля инкубации яиц яичного кросса Ломанн Браун влияние оказывают фотопериоды красного светодиодного освещения. На основе сравнительного анализа морфологических и физиологических показателей у эмбрионов кур, развивающихся при разных фотопериодах по продолжительности световой стимуляции и переменных температур инкубации, *предложен* новый подход к инкубации яиц, основанный

на синергетическом воздействии переменных температур и непрерывного красного светодиодного освещения для повышения вывода и сохранности кур яичного кросса в постнатальном периоде онтогенеза. *Разработаны и утверждены* к использованию Комитетом по сельскому хозяйству и государственному техническому надзору Псковской области методические рекомендации по использованию переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации для стимуляции роста куриных эмбрионов яичного направления продуктивности и Координационным советом по проблемам животноводства, ветеринарии и АПК Европейского Севера Северо-Западным Центром междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленным структурным подразделением ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН» методические рекомендации по использованию переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации для повышения вывода и сохранности кур кросса «Ломанн Браун». Получены *новые данные* о гистогенезе эпителиальной ткани желточного мешка, хориоаллантоиса, сердца, мышечного желудка, печени, селезёнки у эмбрионов кур яичного направления при переменных температурах и непрерывном красном светодиодном освещении. *Впервые дана* цитометрическая характеристика развития некоторых провизорных и висцеральных органов на клеточно-тканевом уровне в зависимости от эмбрионального возраста и режимов инкубации (стандартная и переменные температуры, непрерывное красное освещение).

**Теоретическая и практическая значимость работы.** На основании применения переменных температур инкубации *изучены* морфофизиологические особенности эмбриогенеза кур в зависимости от принадлежности к кроссу яичной продуктивности, а также в пределах одного кросса в зависимости от цветового спектра светодиодного освещения во время инкубации. Проведённые исследования значительно *расширяют представления* в сравнительно-видовом аспекте эмбрионального развития домашней курицы *Gallus gallus* в зависимости от принадлежности к кроссу кур яичной продуктивности на фоне экзогенной среды искусственной инкубации, которые позволяют проанализировать уязвимые этапы антенатального развития организма продуктивной птицы и спрогнозировать их своевременную коррекцию. Существенное значение для фундаментальных исследований имеет *комплексная оценка* морфологических, цито- и гистологических показателей провизорных, висцеральных органов, шишковидной железы кур в антенатальном периоде онтогенеза при переменных температурах, светодиодном освещении и фотопериодах. *Дополнены* сведения об изменениях гематологических показателей и стрессоустойчивости эмбрионов кур при различных фотопериодах красного светодиодного освещения во время инкубации яиц. *Изучены причинно-следственные связи* между синергетическим воздействием переменных температур в сочетании с красным освещением во время инкубации и эмбриональным ростом, энергетическим обменом, частотой сердечных сокращений, вывода и сохранности молодняка.

Для практики ветеринарной медицины значимость работы состоит в том, что выявленные возрастные особенности развития кур в антенатальном периоде онтогенезе при переменных температурах могут быть *применены* в дальнейшем изучении низких температур во время инкубации в профилактике асцита и высоких температур – устойчивости цыплят к инфекционным заболеваниям, а также в исследовании механизмов раннего иммунного программирования, взаимодействия между источником светодиодного освещения и морфофизиологическими особенностями развития иммунокомпетентных органов куриного эмбриона, а также повышения естественной резистентности сельскохозяйственной птицы.

Полученные данные по морфофизиологическим особенностям эмбрионального развития кур яичных кроссов при использовании переменных температур и светодиодного освещения различного цветового спектра во время инкубации яиц *могут быть использованы* при написании соответствующих разделов учебных пособий, атласов и справочных руководств по возрастной эмбриологии, анатомии, гистологии кур, а также ветеринарными специалистами на птицеводческих предприятиях и в лабораториях научно-исследовательских учреждений, занимающихся разработкой режимов инкубации для современных отечественных кроссов продуктивной птицы.

Диссертационное исследования проводились согласно тематическому плану научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА» в соответствии с темой «Морфофункциональное изучение онтогенеза птиц при применении биологически активных веществ, внешних физических и химических факторов воздействия».

**Методология и методы исследования.** Методологической основой при достижении цели в решении поставленных задач и научного обоснования полученных результатов диссертационный работы послужил всесторонний контент-анализ релевантных публикаций российских и зарубежных учёных с использованием различных научных поисковых систем в области изучения роста и метаболизма эмбрионов продуктивных и непродуктивных птиц, эмбрионального гистогенеза птиц, влияния температуры и освещения во время искусственной инкубации яиц на развитие кур в антенатальном периоде онтогенеза, их рост после вылупления и механизмы регуляции роста, энергетического обмена, иммунных реакций, терморегуляции и реакций на стресс куриных эмбрионов продуктивных птиц.

Материал подвергался изучению с помощью морфометрических, гистологических, цитометрических, морфологических и физиологических методов на основе скейлинга, гематологических, зоотехнических методов. Применялась логическая методология, основанная в математическом языке интерпретации результатов исследования, с доказательной базой, в многомерных методах математического анализа экспериментальных данных с помощью комплекса современных статистических методов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Особенности морфогенеза, аллометрического роста и метаболизма

кур в антенатальном периоде онтогенеза в зависимости от принадлежности к кроссу яичной продуктивности при стандартном режиме инкубации и при использовании переменных температур во время инкубации.

2. Особенности морфогенеза, аллометрического роста и метаболизма кур кросса яичного продуктивности в антенатальном периоде онтогенеза при использовании светодиодного освещения во время инкубации.

3. Морфофункциональные особенности антенатального развития кур яичной продуктивности, их метаболизма, гистогенеза шишковидной железы, морфологических показателей крови и уровня стресса в зависимости от различного фотопериода красного светодиодного освещения.

4. Динамика морфометрических показателей роста, метаболизма кур яичного кросса в антенатальном периоде онтогенеза при синергетическом воздействии переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации.

5. Особенности гистогенеза некоторых провизорных и висцеральных органов кур яичного направления продуктивности в антенатальном периоде онтогенеза при воздействии экзогенных факторов во время инкубации.

6. Эффект применения переменных температур, красного светодиодного освещения и синергетического воздействия этих факторов во время инкубации яиц на качество суточных цыплят и сохранность молодняка кур кросса яичной продуктивности.

7. Экономическая эффективность разработанных режимов инкубации.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается применением морфометрических, гистологических, цитометрических, морфологических и физиологических методов на основе скейлинга, гематологических, зоотехнических методов и комплекса современных статистических методов исследования. Все числовые и графические данные, полученные в результате диссертационного исследования, были верифицированы и проанализированы в программном обеспечении Статистка 10, с разработанным автором алгоритмом использования комплекса статистических методов.

Научные положения, выводы и рекомендации производству по результатам диссертационного исследования внедрены в учебный и научно-исследовательский процесс кафедры ветеринарии, кафедры зоотехнии и технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА», а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ», ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА», ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», ФГБУ «ВНИИЗЖ». Способ светодиодного освещения при переменных температурах инкубации для стимуляции эмбрионального развития кур включён в каталог инновационных разработок Всероссийского совета молодых учёных и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. Получен сертификат лауреата IV международного конкурса на лучшую научную и учебную публикацию «Академус» в номинации «Сельское, лесное и рыбное хозяйство» за монографию

по теме научного исследования «Закономерности роста, метаболизма куриных эмбрионов яичных кроссов и развитие их висцеральных органов при воздействии переменных температур инкубации».

Научные положения, выводы и рекомендации работы докладывались на конференциях различного уровня: Российско-германская научно-практическая конференция «Перспективы развития сельского хозяйства: наука, образование и практика» (г. Воронеж, 2008); Международная научно-практическая конференция «Вклад молодых учёных в развитие науки» (г. Великие Луки, 2009-2021); II Всероссийская Интернет-конференция «Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных» (г. Казань, 2011); IV Международная научно-практическая конференция «Механизмы и закономерности индивидуального развития человека и животных», посвящённая 80-летию заслуженного деятеля науки РФ Л. П. Тельцова (г. Саранск, 2017); Международная научно-практическая конференция «Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при техногенном ее развитии» (г. Брянск, 2021); Национальная научно-практическая конференция «Научные приоритеты современной ветеринарной медицины, животноводства и экологии в исследованиях молодых учёных (г. Рязань, 2021); Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Морфология в XXI веке: теория, методология, практика» (г. Москва, 2021, 2023); III Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 70-летию Пензенского ГАУ «Инновационные технологии в зоотехнии и ветеринарии» (г. Пенза, 2021); Национальная конференция с международным участием «Ветеринарная морфология: современность и перспективы развития», посвящённая 100-летию со дня рождения выдающегося учёного-морфолога, профессора М. А. Соколовой (г. Санкт-Петербург, 2021); XI Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» (Ульяновск, 2021); Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка» (г. Витебск, 2021, 2022); Всероссийская научно-практическая конференция «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития» (г. Благовещенск, 2022); Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 120-летию со дня рождения А. П. Никольского «Состояние и перспективы развития зоотехнической науки и практики животноводства» (г. Пермь, 2022); Международная научно-практическая конференция «Развитие агропромышленного комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий» (г. Великие Луки, 2022); Региональная конференция научно-педагогических работников, аспирантов и обучающихся «Технологии и инновации» (г. Великие Луки, 2022); Международная научно-практическая конференция, посвящённая 75-летию со дня рождения профессора Бакай А. В. (1946-2020) в рамках Года науки и технологий РФ «Генетика и качество жизни» (Москва, 2022).

**Публикация результатов исследования.** Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных

изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, соответствующих научной специальности «4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология» в количестве – 16 (Аграрная Россия – 1, Ветеринария – 1, Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство – 1, Российская сельскохозяйственная наука – 2, Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии – 1, Ветеринария и кормление – 1, Вестник ИрГСХА – 1, Иппология и ветеринария – 1, Генетика и разведение животных – 1, Птица и птицепродукты – 1, Птицеводство – 1, Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии – 1, Учёные записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почёта» Государственная академия ветеринарной медицины» – 1; статьи, индексируемые в отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы: Российская сельскохозяйственная наука/Russian Agricultural Sciences – 2 (Springer), Аграрная Россия – 1 (CA(pt)), в международной базе цитирования зарубежных изданий: Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук/Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series – 1 (Web of Science), данных в рецензируемом журнале ВАК Беларуси: Ветеринарный журнал Беларуси – 1, в журналах и сборниках конференций – 27, монография – 1, методические рекомендации – 2, инновационная разработка – 1. Общее количество опубликованных работ – 47.

Результаты разработок диссертационной работы вошли в методические рекомендации по использованию переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации для стимуляции роста куриных эмбрионов яичного направления продуктивности, рекомендованные Комитетом по сельскому хозяйству и государственному техническому надзору Псковской области и методические рекомендации по использованию переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации для повышения вывода и сохранности кур кросса «Ломанн Браун», утвержденные Координационным советом по проблемам животноводства, ветеринарии и АПК Европейского Севера Северо-Западным Центром междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленным структурным подразделением ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН», протокол № 1 от 31.01.2024. Способ светодиодного освещения при переменных температурах инкубации для стимуляции эмбрионального развития кур включён в каталог инновационных разработок Всероссийского совета молодых учёных и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений.

**Личный вклад соискателя.** Диссертационная работа является результатом исследований автора с 2012 по 2023 г. Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора во всех этапах исследовательского процесса: анализе литературы по исследуемым проблемам, постановке задач, разработке новых и модификации существующих экспериментальных моделей, сборе экспериментальных данных, анализе полученных данных, проверке статистических гипотез и интерпретации полученных результатов, а также

подготовке основных научных публикаций, написании текста диссертации и автореферата. Доля участия соискателя при выполнении диссертационной работы составляет 95%.

**Соответствие работы паспорту научной специальности.** Работа соответствует паспорту научной специальности 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология; пункты 1, 2, 4.

**Объем и структура и работы.** Диссертационная работа изложена на 415 страницах компьютерного текста. Включает общую характеристику работы (введение), обзор литературы, описание материалов и методов исследований, результаты собственных исследований, обсуждение результатов исследования, заключение, практические предложения и список литературы, включающий 558 источников, в том числе 135 отечественных и 423 иностранных авторов, приложений. Диссертационный материал представлен 59 таблицами и 61 рисунком.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Материалы и методы исследований

Все эксперименты проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры ветеринарии на базе ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА» в период с 2012 по 2023 годы. Объектом для исследований служили инкубационные яйца кур яичных кроссов Хайсекс Браун (ЛПХ «Южный» Смоленская область) и Ломанн Браун (ОАО «Волжанин» Ярославская область). Предварительно перед инкубацией в инкубаторе ИЛБ-0,5 (Волгасельмаш, Россия) яйца взвешивали, отбирали по приблизительно одинаковой массе методом пар-аналогов.

В *1-ой серии экспериментов* для изучения особенностей морфогенеза, аллометрического роста и метаболизма кур в антенатальном онтогенезе в зависимости от принадлежности к кроссу яичной продуктивности инкубацию яиц кроссов Хайсекс Браун (n=200) и Ломанн Браун (n=200) проводили при стандартном режиме с температурой 37,6±0,10°С и влажностью воздуха 55%.

Во *2-ой серии* для оценки динамики морфометрических показателей роста организма, характер аллометрии роста и метаболизма кроссов Хайсекс Браун (n=200) и Ломанн Браун (n=189) в антенатальном онтогенезе применяли переменные температуры во время инкубации (температура с 1 по 14 сутки на уровне 37,8±0,10°С, с 15 по 17 сутки – ее повышение до 39,5±0,10°С в течение 2 ч ежедневно, в оставшиеся 22 ч ежедневно 37,8±0,10°С, на 18 сутки – уменьшение до 37,5±0,10°С, с 19 по 21 сутки – до 37,0±0,10°С; влажность воздуха – 57%).

В *3-ей серии* для изучения особенностей особенности морфогенеза, аллометрического роста и метаболизма кросса Ломанн Браун в антенатальном онтогенезе использовали непрерывное освещение красными и зелёными светодиодными неонами во время инкубации при стабильной температуре 37,6±0,10°С с влажностью 55%. Инкубатор был оснащён красными (длина волны

– 632 нм, угол рассеивания света – 120º) и зелёными (длина волны – 517 нм, угол рассеивания света – 120º) светодиодными неонами (Elektrostandard LS001 220V RGB 12W 80LED 5050 IP67 50м a045405, Россия-Китай), которые были установлены на верхней панели внутри корпуса инкубатора на расстоянии 3 см от лотков и между ними. В контрольной группе инкубацию проводили в темноте при том же температурно-влажностном режиме. В ходе эксперимента подвергнуто вскрытию 750 яиц.

В *4-ой серии* для оценки морфофункциональных особенностей антенатального развития кур кросса Ломанн Браун, их метаболизма, гистогенез шишковидной железы, морфологические показатели крови и уровень стресса применяли инкубацию яиц (по 100 шт.) с 3-мя фотопериодами: круглосуточное освещение ($C_{24}$:$T_0$) и чередование света и темноты ($C_{18}$:$T_6$ и $C_{12}$:$T_{12}$). Контроль (отсутствие света) – 0 часов света, 24 часа темноты ($C_0$:$T_{24}$).

В *5-ой серии* для оценки динамика морфометрических показателей роста, развития висцеральных органов, частоты сердечных сокращений и метаболизма кур кросса Ломанн Браун в антенатальном онтогенезе использовали 3 режима инкубации яиц (по 200 шт.): ПТ – при переменных температурах в темноте; КСО – круглосуточное красное освещение при стандартной температуре; ПТ+КСО – инкубация при переменных температурах с красным освещением.

*6-ая серия экспериментов* направлена на установление особенностей гистогенеза некоторых провизорных и висцеральных органов кур кросса Ломанн Браун в антенатальном онтогенезе при экзогенных факторов воздействия во время инкубации. Для подготовки гистологических препаратов провизорные органы эмбрионов кур брали на 14 и 18 сутки, висцеральных органов – на 14, 17, 20 сутки, селезёнка – на 20 сутки.

*7-ая серия экспериментов* направлена на изучение влияния переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации на качество суточных цыплят, а также сохранность суточного и 90-дневного молодняка кросса яичной продуктивности. Инкубацию яиц (по 150 шт.) кур кросса Ломанн Браун проводили при режимах: СТ – инкубация при стандартной температуре; ПТ – инкубация при переменных температурах в темноте; КСО – круглосуточное красное освещение при стандартной температуре инкубации; ПТ+КСО – инкубация при переменных температурах с круглосуточным красным освещением. Проводилась оценка качества суточных цыплят при каждом режиме инкубации (по 50 голов) по 10-бальной шкале «Пасгар», а также сохранность суточных цыплят и молодняка в возрасте 90 дней (курочек).

**Морфометрические методы.** Инкубированные яйца вскрывали ежедневно с 4 суток с соблюдением этических норм при работе с живыми биологическими объектами. Морфометрическую оценку массы и роста тела эмбрионов проводили с 4 по 20 сутки, массы сердца, мышечного желудка, печени – с 9 по 20, а селезёнки – с 13 по 20 сутки. Массу тела эмбрионов, отдельных висцеральных органов определяли на весах Сартогосм ЛВ 210-А (Россия). Длину тела эмбрионов измеряли от верхушки черепа до конца хвоста с помощью штангенциркуля Finch Industrial Tools 19856 (Canada Inc.).

Для описания морфометрических показателей роста мы учитывали периодизацию эмбриогенеза кур: зародышевый (1-8 сутки), предплодный (9-14 сутки), плодный (15-19 сутки) периоды и период вылупления (20-21 сутки) (Фисинин, В. И. и др., 2016).

Для характеристики темпов и ритмичности роста длины и массы тела, висцеральных органов куриных эмбрионов использовали формулу Шмальгаузена-Броди (1):

$$C_l = (\lg L_n - \lg L_o)/0{,}4343 \times (t_n - t_0), \quad (1)$$

где $C_l$ – удельная скорость роста; $L_n$ – длина (см), масса (г) эмбриона или органа в конечный момент времени $t_n$; $L_o$ – длина (см), масса (г) эмбриона или органа в начальный момент времени $t_0$; 0,4343 – модуль перехода от натуральных логарифмов к десятичным.

Относительную скорость роста линейных и весовых показателей тела и внутренних органов рассчитывали по формуле Броди (2):

$$K = \frac{(W_t - W_0) \times 100}{(W_t + W_0) \times 0{,}5}, \quad (2)$$

где $W_t$ – значение показателя в возрасте ($t$); $W_0$ – начальное значение показателя ($0$).

Относительную массу висцеральных органов ($M_{\text{органа}}$, г) к массе тела ($M_{\text{тела}}$, г) куриных эмбрионов рассчитывали по формуле Шмальгаузена (3):

*Относительная масса органа (%) = Масса органа (г) / Масса тела эмбриона (г) × 100.* (3)

Аллометрию (относительного роста) роста и висцеральных органов рассчитывали по формуле простой аллометрии (4):

$$y = ax^b, \quad (4)$$

где $x$ – масса тела эмбриона (г), $y$ – длина тела (см) (масса органа, г) эмбриона; $a$ – константа начального роста, $b$ – аллометрический и степенной коэффициент регрессии, показывающий, во сколько раз быстрее ($b$>1 – положительная аллометрия) или медленнее ($b$<1 – отрицательная аллометрия) растёт эмбрион в длину или его орган относительно массы всего организма (при $b$=1 рост происходит изометрично).

**Физиологические методы на основе скейлинга.** *Уровень метаболизма* определяли по формулам аллометрической зависимости уровня выделяемого углекислого газа ($Q$) от массы тела ($M$, *г*) эмбрионов кур с 4 по 20 сутки инкубации (Каменский, Ю. Н., 1971; Болотников, А. М. с соавт., 1985), в том числе в пойкилотермной фазе до 12 дня инкубации (5):

$$Q = 1{,}36 \times M^{0{,}773} \text{ мл/ч·г}, \quad (5)$$

и в гомойотермной фазе – до 20 суток (6):

$$Q = 1{,}84 \times M^{0{,}739} \text{ мл/ч·г}. \quad (6)$$

Применив дыхательный коэффициент 0,70 (Каменский, Ю. Н., 1988; Wangensteen, O. D., Rahn, H., 1971; Rahn, H. et al., 1974; Mortola, J. P., 2009), мы рассчитывали потребление $O_2$ эмбрионами кур.

Для определения критических этапов в газообмене (по выделению $CO_2$ и поглощению $O_2$) у куриных эмбрионов использовали формулу удельной

скорости роста (1).

Изменения характера *аллометрии выделения $CO_2$ (поглощения $O_2$)* от массы тела эмбрионов кур оценивали по формуле простой аллометрии (4).

Для описания уровня *базального метаболизма (теплопродукции)* в зависимости от скорости роста и массы тела куриных эмбрионов применяли уравнение наименьших квадратов (Vleck C. M. с соавт., 1980, 2004) (7):

$$P = 12{,}17 \times GR + 1{,}66 \times M + 1{,}81, \quad (7)$$

где $P$ – уровень базального метаболизма в ккал/ч; $GR$ – скорость роста в г/сут; $M$ – масса эмбриона в граммах; 1,66 ккал/г·час – коэффициент массы, характеризующий затраты на поддерживающий метаболизм; 1,81 – константа, прогнозируемая скорость метаболизма эмбриона с нулевой массой ($M$) и скоростью роста ($GR$).

*ЧСС* у куриных эмбрионов определяли по формуле аллометрической зависимости средней ЧСС в течение 80% инкубации (*СЧСС, уд/мин*$^{-1}$) от массы яйца ($M_{яйца}$, *г*) (Tazawa H. с соавт., 2001) (8):

$$СЧСС = 371 \times (M_{яйца})^{-0{,}121}. \quad (8)$$

Эффективность использования остаточного желточного мешка (ОЖМ, %) определяли по отношению массы желтка ($M_{желтка}$, г) к массе тела ($M_{тела}$, г) (9) (Dayan, J. et al., 2020):

$$ОМЖ\ (\%) = М\ желтка\ (г) / М\ тела\ (г) \times 100. \quad (9)$$

Постулируется, что наименьшее процентное содержание ОЖМ указывает на лучшую абсорбцию желтка эмбрионами.

**Гематологические методы.** Подсчёт эритроцитов и лейкоцитов крови 21-суточных эмбрионов кур проводился с помощью камеры Горяева. Для подсчёта лейкоцитарных индексов (относительное содержание лимфоцитов, моноцитов, гетерофилов) были подготовлены мазки крови с дальнейшим окрашиванием по Романовскому-Гимза (Бессарабов, Б. Ф. и др., 2015). Уровень стресса рассчитывали по соотношению гетерофилов к лимфоцитам (Gross, W. B., Siegel, H. S., 1983; Scanes, C. G., 2016): коэффициент – 0,20 низкий уровень, 0,50 – средний, >0,80 – высокий.

**Гистологические методы.** Окраску срезов висцеральных (сердце, мышечный желудок, печень, селезёнка) и провизорных (эпителиальная ткань желточного мешка и хориоаллантоис) органов эмбрионов кур проводили гематоксилином и эозином по методу Эрлиха, шишковидной железы – по Харрису. Микрофотосъёмку препаратов провизорных, висцеральных органов и шишковидной железы производили с помощью Digital Camera for Microscope «DCM 300» (Wise Digital, China) на базе микроскопа «Микмед-3» (ООО «Наблюдательные приборы», Санкт-Петербург, Россия). Обработка микрофотоснимков выполнялась в программе CorelDRAW® Graphics Suite V. 24 (Corel Corporation, Canada).

**Цитометрические методы.** На гистологических срезах провизорных и висцеральных органов измеряли диаметры клеток, ядер, сосудов, толщину слоёв ткани, площадь клеток и ядер, ЯЦО, шишковидной железы – толщину стенки, площадь и просвет фолликулов в программах ScreenMeter 1.0 («Софткей»,

Москва, Россия) и Digimizer V 5.7.2 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium). Соотношение белой и красной пульпы оценивали для определения типа развития селезёнки (Мяделец, О. Д., 2016): иммунный тип – выраженное развитие белой пульпы; метаболический тип – значительно преобладает красная пульпа, осуществляющая обменные процессы. Цитометрические измерения постоянно проводили мерометрически в одном и том же месте гистосреза органа.

**Зоотехнические методы.** Учитывали показатели биологического контроля: ранняя эмбриональная смертность эмбрионов, кровяное кольцо, замершие эмбрионы, задохлики, выводимость, вывод молодняка (Мусиенко, Н. А., Яковлева, И. Н., 2009). Качество суточных цыплят определяли по их длине и массе тела. Качество суточных цыплят определяли по массе тела на аналитических весах Сартогосм ЛВ 210-А и по 10-балльной шкале «Пасгар» (Boerjan, M., 2002). По показателям шкалы жизнеспособность цыплёнка (рефлекс переворачивания), состояние пупка, пяточного (тибиотарзального) сустава, клюва, животика определяли процент вылупившегося суточного молодняка кур без дефектов в развитии и результативность использования экспериментальных режимов инкубации по среднему значению критерия «Пасгар». Сохранность суточного и в возрасте 90 дней молодняка оценивали путём ежедневного учёта падежа птицы.

**Математико-статистические методы.** Обработку и анализ фактических данных проводили в программе Статистка 10.0 (StatSoft, Inc., США-Россия) с помощью пара- и непараметирческих методов при уровне значимости $p<0,05$.

Экономическая эффективность от повышения вывода, качества суточных цыплят и сохранности молодняка кур до 90-дневного возраста при использовании экспериментальных режимов инкубации яиц рассчитывалась по общепринятой методике (Дядичкина, Л. Ф. и др., 2014; Лукашенко, В. С., Кавтарашвили, А. Ш., 2015).

## Результаты собственных исследований

**Результаты первой серии исследований**. К периоду вылупления масса тела у эмбрионов кур Ломанн Браун достоверно значимо ($p<0,05$) преобладала на 3,16 г, селезёнки – на 0,010 г, а у Хайсекс Браун длина тела – на 0,57 см, масса сердца – на 0,12 г, мышечного желудка – на 0,39 г, печени – на 0,22 г. У эмбрионов Хайсекс Браун выявлена наибольшая скорость роста массы тела в зародышевый период и была больше на 53,58% (Рисунок 1 А), сердца и мышечного желудка в период вылупления – на 24,45 и 15,58% (Рисунок 1 В, Г).

Аллометрический рост тела в длину по отношению к его массе у эмбрионов яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза характеризуется отрицательной аллометрией, причём интенсивный рост наступает раньше в зародышевый период у Ломанн Браун, что указывает на раннее формообразование их тела по сравнению с Хайсекс Браун.

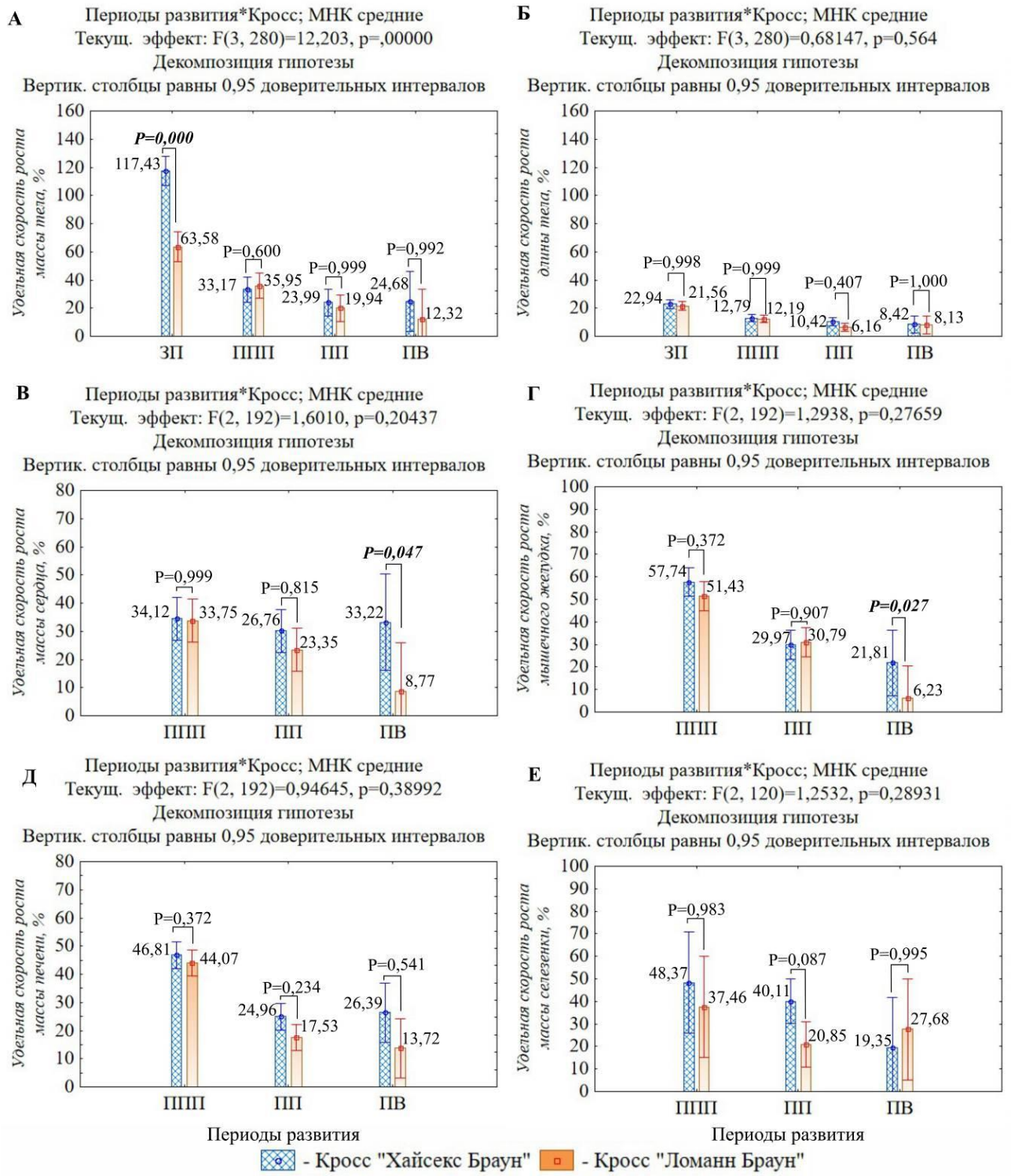



**Рисунок 1** – Различия в удельной скорости роста в массы (А) и длины (Б) тела, массы сердца (В), мышечного желудка (Г), печени (Д), селезёнки (Е) эмбрионов кур яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при стандартной температуре инкубации, %: здесь и далее на рисунках 2, 3, 4, 6, 7 ЗП – Зародышевый период, ППП – Предплодный период, ПП – Плодный период, ПВ – Период вылупления; P<0,05 – уровень достоверных отличий в показателях между кроссами эмбрионов кур.

У эмбрионов кур Ломанн Браун большая интенсивность аллометрического роста мышечного желудка протекает в предплодный и плодный периоды, селезёнки – в предплодный, печени – плодный период, а у Хайсекс Браун сердца – в предплодный и плодный периоды, печени – в предплодный период и период вылупления, селезёнки – в предплодный период.

В зародышевый период и период вылупления интенсивность дыхания больше у эмбрионов Хайсекс Браун на 50,62 и 9,13% (Рисунок 2). Эмбрионы кур Хайсекс Браун имеют в зародышевый период ниже уровень обмена веществ, а высокий – у Ломанн Браун.

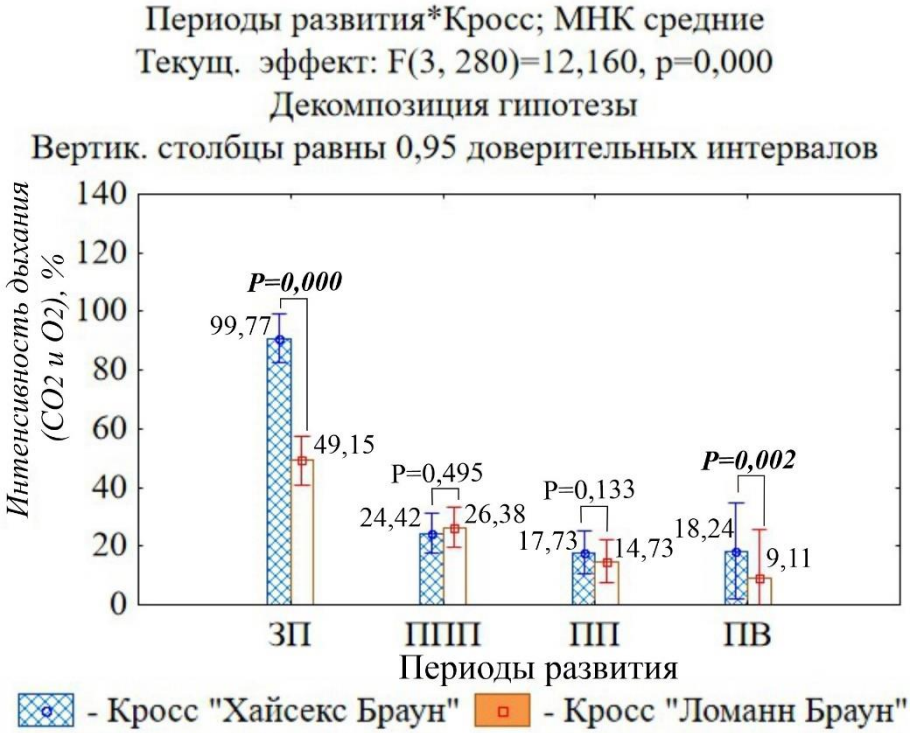



**Рисунок 2** – Различия в интенсивности дыхания у эмбрионов кур яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при стандартной температуре инкубации, %.

В предплодный период аллометрические коэффициенты регрессии по $CO_2$ и $O_2$ преобладали у Хайсекс Браун. В плодный период у эмбрионов Хайсекс Браун коэффициенты регрессии по $CO_2$ и $O_2$ достигали 1,0, а в плодный период у обоих кроссов, т.е. хорошо выраженная пропорциональность (изометрия) между процессами метаболизма и роста, которая наступает раньше у Хайсекс Браун, а к периоду вылупления у обоих кроссов.

У эмбрионов Хайсекс Браун уровень теплопродукции достоверно превышал в зародышевый период на 149,30 ккал/сут, а у Ломанн Браун – в плодный период и период вылупления на 186,43 ккал/сут и 89,87 ккал/сут.

**Результаты второй серии исследований**. К периоду вылупления масса тела у эмбрионов кур Ломанн Браун была достоверно ($p<0,05$) больше на 4,91 г, мышечного желудка – на 0,59 г, селезёнки – на 0,006 г, а у Хайсекс Браун масса сердца – на 0,074 г, печени – на 0,19 г. Наибольшая удельная весовая скорость в

зародышевый период характерна для эмбрионов Хайсекс Браун, а длины тела – для Ломанн Браун (Рисунок 3 А, Б). В предплодный период скорость роста селезёнки больше у эмбрионов Хайсекс Браун на 40,11%. К периоду вылупления скорость роста массы тела больше у эмбрионов Ломанн Браун на 21,39%, мышечного желудка – на 15,04%, селезёнки – на 17,03% (Рисунок 3 А, Г, Е).

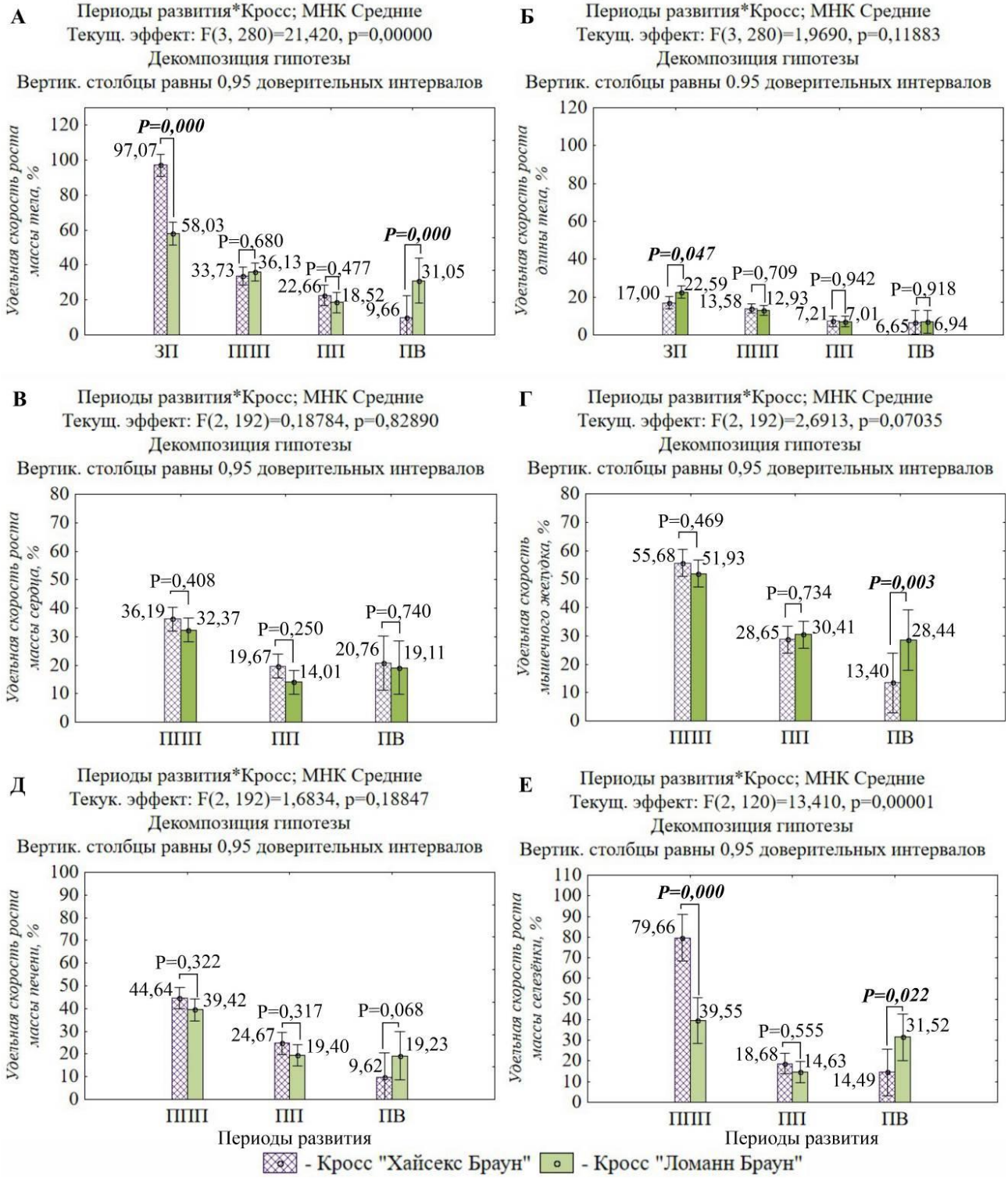



**Рисунок 3** – Различия в удельной скорости роста в массы (А) и длины (Б) тела, массы сердца (В), мышечного желудка (Г), печени (Д), селезёнки (Е) эмбрионов кур яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации, %.

Как при стандартной, так и переменной температуре инкубации интенсивный аллометрический рост длины к массе тела у кур Ломанн Браун отмечается раньше в зародышевый, затем в предплодный и период вылупления, а у Хайсекс Браун позже – в предплодный период. У эмбрионов Ломанн Браун наибольший интенсивность аллометрического роста сердца, мышечного желудка, печени, селезёнки протекает раньше в предплодный период, селезёнки – в плодный период, а у Хайсекс Браун – сердца, мышечного желудка, печени – позже в плодный период и период вылупления.

В зародышевый период интенсивность дыхания больше у эмбрионов Хайсекс Браун на 30,18%, а в период вылупления – у Ломанн Браун на 15,81% (Рисунок 4).

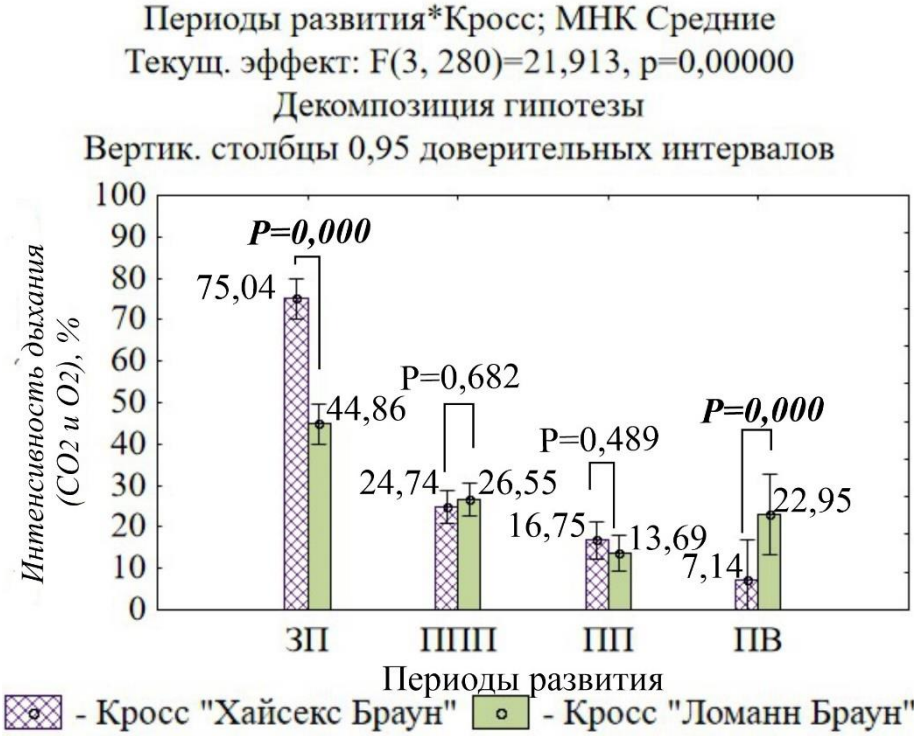



**Рисунок 4** – Различия в интенсивности дыхания у эмбрионов кур яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации, %.

Отличительной особенностью между процессами метаболизма и роста при переменных температурах от стандартной температуры являлось то, что в плодный период по поглощению $O_2$ у эмбрионов Ломанн Браун отмечалась более выраженная пропорциональность между процессами метаболизма и роста, чем у Хайсекс Браун. К периоду вылупления интенсивность метаболических процессов у обоих кроссов достигает полной изометрии.

Уровень теплопродукции к периоду вылупления достоверно преобладал у эмбрионов Ломанн Браун на 258,02 ккал/сут.

Таким образом, при переменных температурах инкубации эмбрионы кур Ломанн Браун преобладали в морфометрических показателях роста, развитии висцеральных органов и метаболических процессах, что указывает на его благоприятное и стимулирующее воздействие на организм данного кросса кур в

антенатальном онтогенезе (Рисунок 5). В завершающий период онтогенеза (20 сутки) у кросса Ломанн Браун при переменной температуре в сравнении со стандартной температурой инкубации абсолютная масса тела больше на 10,42%, длина тела – на 5,90%, масса сердца – на 24,01%, мышечного желудка – на 16,57%, печени – на 12,13%, селезёнки меньше – на 5,00%, интенсивность дыхания больше – на 13,84%, уровень теплопродукции – на 12,72%, а у Хайсекс Браун, в сравнении между двумя вариантами инкубации, масса тела больше на 6,99%, длина тела – на 1,33%, масса сердца – на 5,79%, мышечного желудка – на 7,81%, печени – на 6,40%, селезёнки – на 23,07%, интенсивность дыхания – на 11,10%, уровень теплопродукции – на 3,75%.

Результаты сравнения высоких и низких температур инкубации в зависимости от продолжительности их воздействия (37,8°С – 1-14 сутки; 39,5°С в течение 2 ч ежедневно – 15-17 сутки, в оставшиеся 22 ч ежедневно 37,8°С; 37,5°С – 18 сутки; 37,0°С – 19-20 сутки) на ростовые и метаболические процессы у эмбрионов кур яичных кроссов показали разное их стимулирующее воздействие, но их положительный эффект выражался к периоду вылупления в более интенсивном росте массы тела, мышечного желудка и селезёнки у эмбрионов Ломанн Браун, чем у Хайсекс Браун.

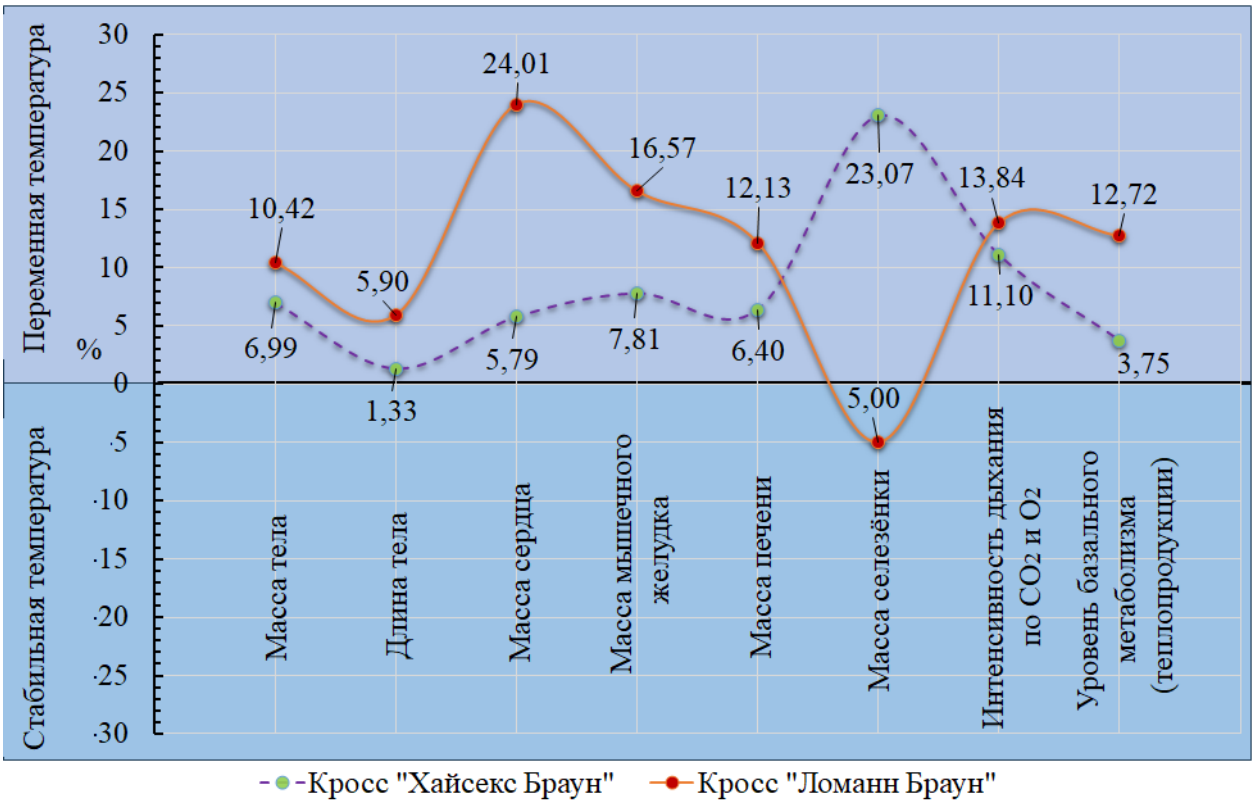



**Рисунок 5** – Сравнительный анализ приростов абсолютных значений морфометрических и метаболических показателей у эмбрионов кур яичных кроссов к периоду вылупления при переменных температурах по отношению к стабильной температуре инкубации, %.

При варьировании высоких и низких температур во время инкубации у эмбрионов кур Ломанн Браун к периоду вылупления наиболее выражена скорость газообмена и уровень теплопродукции, отмечается наибольшая энергетическая их ценность на 4,15 кДж, чем у Хайсекс Браун. Высокие энергетические затраты за все дни развития характерны для эмбрионов Хайсекс Браун (10083,74 ккал). Более экономичным эмбриогенез оказался у эмбрионов Ломанн Браун (энергетические затраты – 9882,92 ккал). Процент вывода молодняка у кросса Ломанн Браун был достоверно выше на 4% по сравнению с Хайсекс Браун.

**Результаты третьей серии исследований.** В разные периоды эмбриогенеза все морфометрические показатели практически преобладали при красном и зелёном освещениях, в сравнении с темнотой, но достоверно значимые различия ($p<0,05$) к периоду вылупления наблюдались в массе тела в 1,14 и 1,07 раза соответственно, сердца – в 1,40 и 1,37 раза, мышечного желудка – в 1,24 и 1,18 раза, печени – в 1,21 и 1,20 раза, а в длине тела на 1,05 раза – только при зелёном освещении. Мы полагаем, что выраженное увеличение длины тела (акселерация) эмбрионов кур яичной продуктивности связано именно с воздействием зелёного светодиодного освещения, т.к. ранее установлено, что гармоничное развитие куриных эмбрионов зависит от направления продуктивности птиц (яичная, мясная) и цветового спектра непрерывного светодиодного освещения. Зелёный спектр светодиодного освещения во время инкубации наиболее благоприятен для роста и развития эмбрионов кур Арбор Айкрес (Zhang, L., et al., 2012; Wang, T., et al., 2014), «Росс 308» (Abdulateef, S. M., et al., 2021), а красный – для эмбрионов кур Шейвер Браун (Малофеев, А. А. и др., 2012, 2013) и Белый Леггорн (Archer, G. S., 2015), белый и красный – для эмбрионов кур Кобб 500 (Archer, G.S., 2017). Наибольшая удельная весовая скорость куриных эмбрионов в зародышевый период характерна при красном освещении (Рисунок 6 А). К периоду вылупления скорость роста сердца куриных эмбрионов значительно больше при зелёном и красном освещениях на 21,08 и 13,93%, соответственно, а мышечного желудка и печени больше только при красном освещении (Рисунок 6 В, Г, Д). В предплодный период скорость роста селезёнки преобладает в темноте и зелёном освещении, в период вылупления – в темноте в сравнении с зелёным освещением (Рисунок 6 Е).

При красном освещении наибольшая интенсивность отрицательного аллометрического роста длины тела эмбрионов кур выявлена в предплодный и плодный периоды, мышечного желудка, печени – в предплодный период, сердца – в предплодный и плодный периоды; при зелёном освещении – длины тела в зародышевый период и период вылупления, селезёнки – в предплодный, плодный периоды и период вылупления, сердца – в период вылупления, мышечного желудка и печени – в плодный период и период вылупления.

Аллометрические коэффициенты регрессии интенсивности выделения $CO_2$ от массы тела преобладали в разные периоды эмбриогенеза при красном и зелёном освещениях.

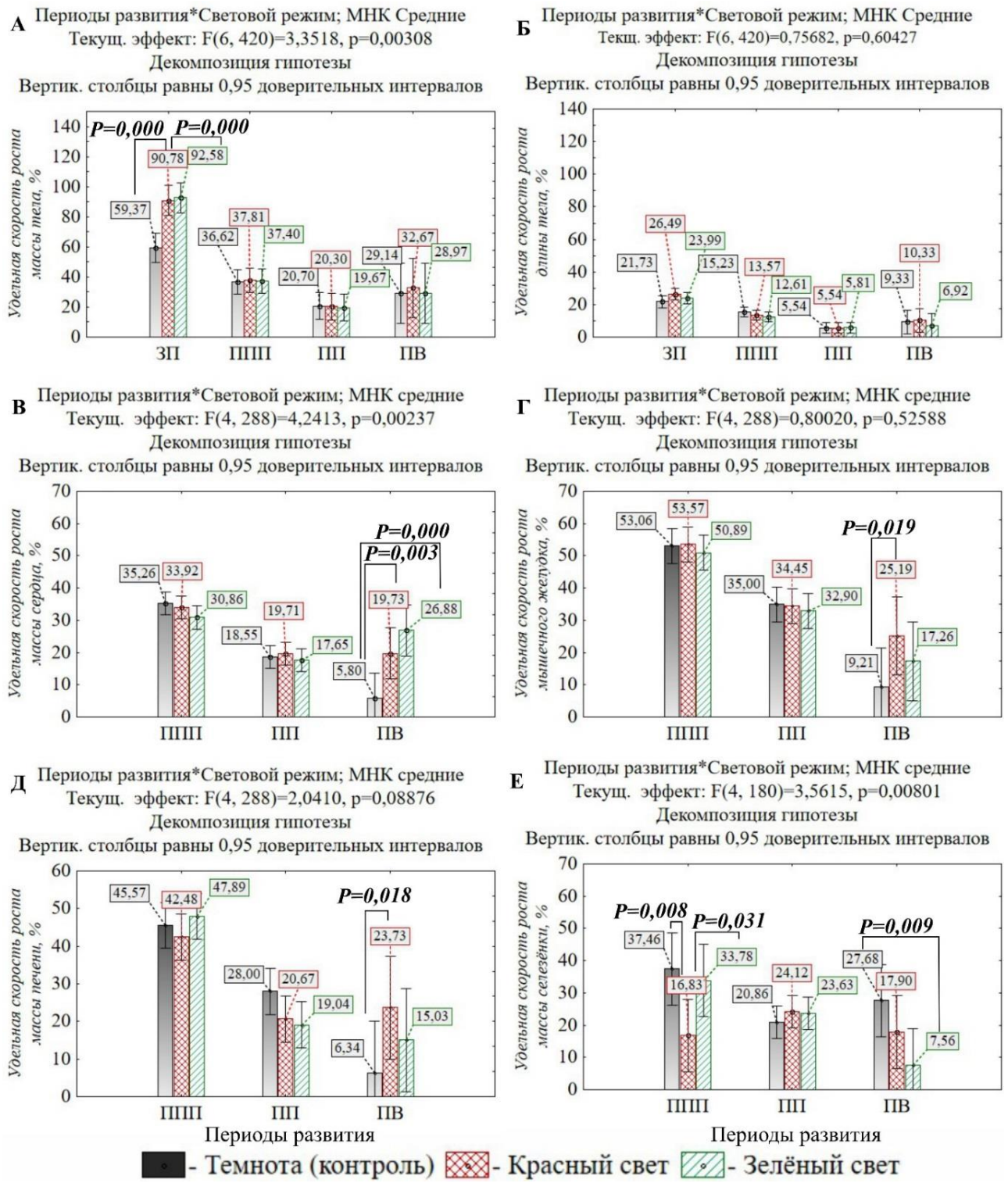



**Рисунок 6** – Различия в удельной скорости роста в массы (А) и длины (Б) тела, массы сердца (В), мышечного желудка (Г), печени (Д), селезёнки (Е) эмбрионов кур кросса Ломанн Браун в разные периоды эмбриогенеза в темноте, при красном и зелёном светодиодном освещениях во время инкубации, %.

Газообмен в период вылупления по сравнению с темнотой наиболее выражен при красном освещении на 1,97 мл/ч, а в зародышевый период скорость выделение $CO_2$ больше при красном и зелёном освещениях – на 24,28 и 25,68% (Рисунок 7 А, Б).

При двух световых воздействиях в разные сутки эмбриогенеза уровень теплопродукции у куриных эмбрионов был достоверно больше по сравнению контролем. В начале зародышего периода уровень базального метаболизма куриных эмбрионов был выше при зелёном освещении на 5,53 ккал/сут, а в период вылупления – при красном освещении на 4,56 ккал/сут.

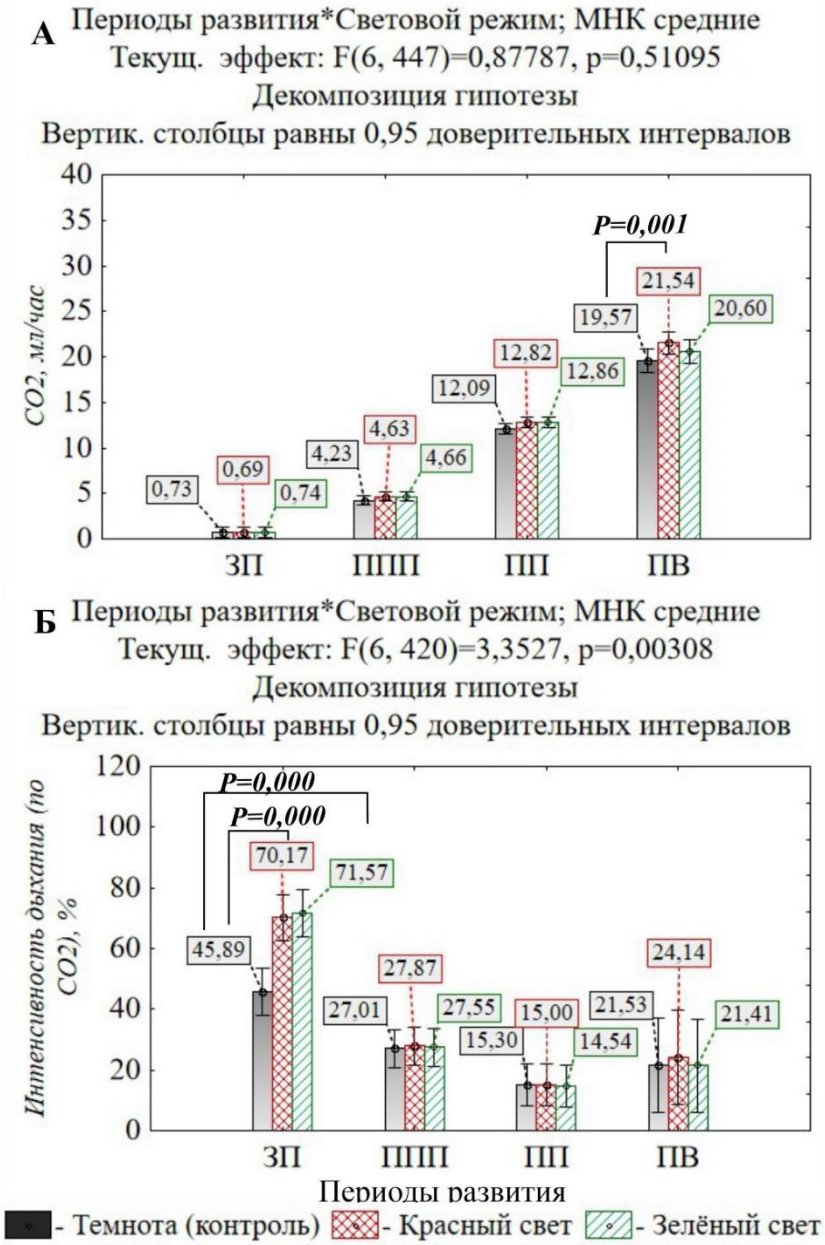



**Рисунок 7** – Газообмен (А) и интенсивность дыхания (Б) куриных эмбрионов кросса Ломанн Браун за периоды развития в контроле (темнота), при красном и зелёном светодиодном освещении.

Таким образом, красное освещение на протяжении антенатального онтогенеза кур более благоприятнее, т.к. стимулирует их массу тела в 1,1 раза, ускоряет процессы энергетического обмена по выделению $CO_2$ на 2,28 мл/сут и теплопродукции – на 4,56 ккал/сут по сравнению с зелёным освещением.

**Результаты четвёртой серии исследований**. При фотопериоде $C_{24}$:$T_0$ на 16 сутки длина и масса тела эмбрионов больше, чем при $C_0$:$T_{24}$, при $C_{18}$:$T_6$ и $C_{12}$:$T_{12}$ – в массе тела, но отмечалось отставание в развитии мышечного желудка и селезёнки при $C_{24}$:$T_0$, $C_{18}$:$T_6$, $C_{12}$:$T_{12}$. К 18 суткам при $C_{24}$:$T_0$ и $C_{18}$:$T_6$ повышалась масса тела, сердца, мышечного желудка, а на 21 сутки при $C_{24}$:$T_0$ – длина, масса тела, мышечного желудка, печени, селезёнки, а при $C_{18}$:$T_6$, $C_{12}$:$T_{12}$ и $C_0$:$T_{24}$ – масса тела, мышечного желудка, печени, селезёнки.

Морфологические показатели крови куриных эмбрионов претерпевали значительные изменения под воздействием фотопериода $C_{12}$:$T_{12}$ и в отсутствии света (Таблица 1). При $C_0$:$T_{24}$ и $C_{12}$:$T_{12}$ у 21-суточных куриных эмбрионов наблюдались чётко выраженное снижение лимфоцитов и повышение гетерофилов, что указывает на определённое стрессовое состояние эмбрионов. Так, наибольшие коэффициенты Г : Л крови куриных эмбрионов выявлены при $C_0$:$T_{24}$ и $C_{12}$:$T_{12}$.

**Таблица 1** – Морфологические показатели крови и уровень стресса куриных эмбрионов кросса Ломанн Браун на 21 сутки развития при воздействии фотопериода, M±SE

| Показатели | Фотопериод | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $C_0$:$T_{24}$ (контроль) | $C_{24}$:$T_0$ | $C_{18}$:$T_6$ | $C_{12}$:$T_{12}$ |
| Эритроциты, $\times 10^{12}$/л | 1,26±0,14 | 1,32±0,12 | 1,74±0,21 | 1,90±0,06$^{A}$ |
| Лейкоциты, $\times 10^{9}$/л | 20,60±1,12 | 37,00±1,22$^{A}$ | 31,80±0,92$^{A}$ | 41,00±1,87$^{A,C}$ |
| Гетерофилы, % | 33,80±2,13 | 22,60±1,08$^{A}$ | 17,80±0,92$^{A}$ | 30,60±0,60$^{B,C}$ |
| Моноциты, % | 6,20±1,28 | 2,80±0,37$^{A}$ | 4,20±0,20$^{B}$ | 4,20±0,73$^{B}$ |
| Лимфоциты, % | 58,00±2,61 | 72,00±3,71$^{A}$ | 72,20±2,99$^{A}$ | 64,60±1,12$^{B,C}$ |
| Г : Л | 0,59±0,04 | 0,32±0,02$^{A}$ | 0,25±0,02$^{A}$ | 0,47±0,02$^{B,C}$ |

*Примечание:* $^{A}$ – статистически значимое отличие в показателях при $C_{24}$:$T_0$, $C_{18}$:$T_6$, $C_{12}$:$T_{12}$ по отношению к $C_0$:$T_{24}$; $^{B}$ – статистически значимое отличие в показателях при $C_{24}$:$T_0$ по отношению к $C_{18}$:$T_6$ и $C_{12}$:$T_{12}$; $^{C}$ – статистически значимое отличие между показателями при $C_{18}$:$T_6$ и $C_{12}$:$T_{12}$.

При фотопериодах $C_{24}$:$T_0$ и $C_{18}$:$T_6$ интенсивность дыхания и уровень метаболизма у куриных эмбрионов на 21 сутки возрастает по сравнению с развивающимися эмбрионами в отсутствие света и при $C_{12}$:$T_{12}$ (Рисунок 8 А, Б).

Гистологический и цитометрический анализы показали, что толщина стенки и площадь фолликула шишковидной железы достоверно увеличивались к 18 сутки, в то время как площадь просвета, наоборот, уменьшалась как в темноте, так и при красном освещении. При красном освещении на 18 сутки толщина стенки фолликулов больше на 21,40 мкм по сравнению без света.

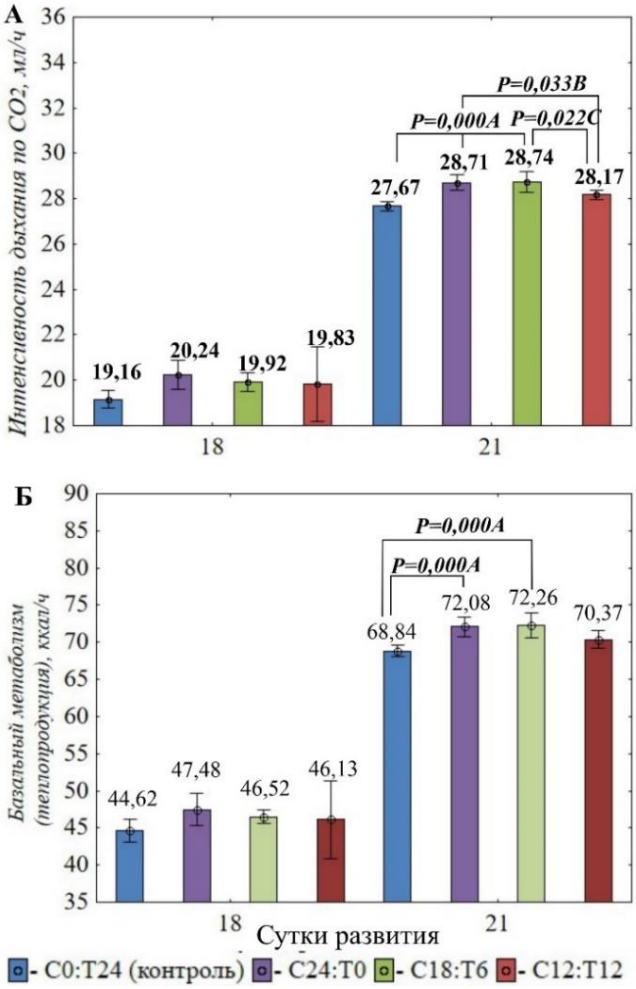



**Рисунок 8** – Интенсивность дыхания (А) и уровень базального метаболизма (Б) куриных эмбрионов кросса Ломанн Браун на 18 и 21 сутки развития при воздействии фотопериода.

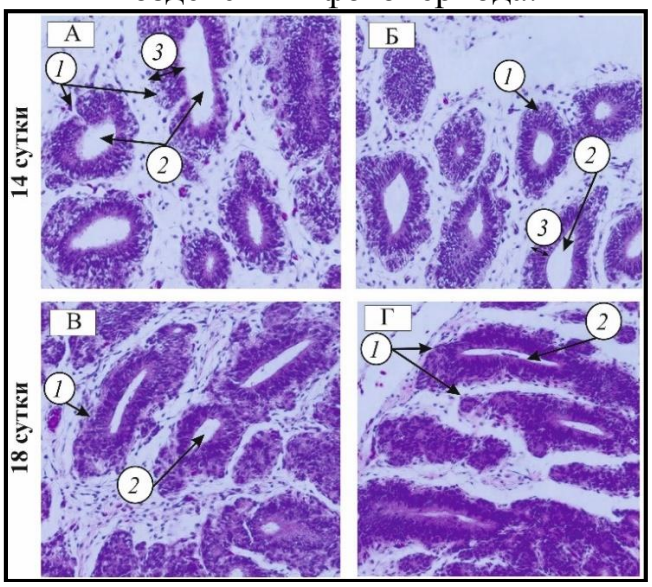



**Рисунок 9** – Гистологическая структура шишковидной железы эмбрионов кур Ломанн Браун на 14 и 18 сутки эмбриогенеза при инкубации в темноте (А, С) и непрерывном красном светодиодном освещении (Б, Д): окраска гематоксилином и эозином (по Харрису). Об. – 4, ок. – 16; *1* – фолликул; *2* – просвет фолликула; *3* – толщина стенки фолликула.

Вывод цыплят и выводимость яиц при фотопериодах $C_{24}:T_0$ и $C_{18}:T_6$ был достоверно выше, чем в отсутствие света и при $C_{12}:T_{12}$. Самая высокая эмбриональная жизнеспособность в течение 19-21 суток выявлена при $C_{24}:T_0$, а гибель плода – при $C_{12}:T_{12}$.

**Результаты пятой серии экспериментов.** В нашем исследовании оценка влияния переменной температуры (ПТ), красного светодиодного освещения (КСО) отдельно и в сочетании во время инкубации яиц позволила установить, что при синергетическом воздействии переменной температуры и красного светодиодного освещения (ПТ+КСО) развитие эмбрионов кросса Ломанн Браун и их селезёнки к 19 суткам проходит медленнее, чем при использовании отдельно КСО и ПТ. Вне зависимости от режима инкубации прослеживается общая тенденция снижения ЧСС, повышения выделения $CO_2$ и теплопродукции у куриных эмбрионов с увеличением срока инкубации (Рисунок 10 А, Б, В). Воздействие ПТ+КСО вызывало увеличение ЧСС на 17 сутки, оптимизацию метаболизма (по выделению $CO_2$) у эмбрионов на 19 сутки эмбриогенеза (Рисунок 10 А, Б, В).

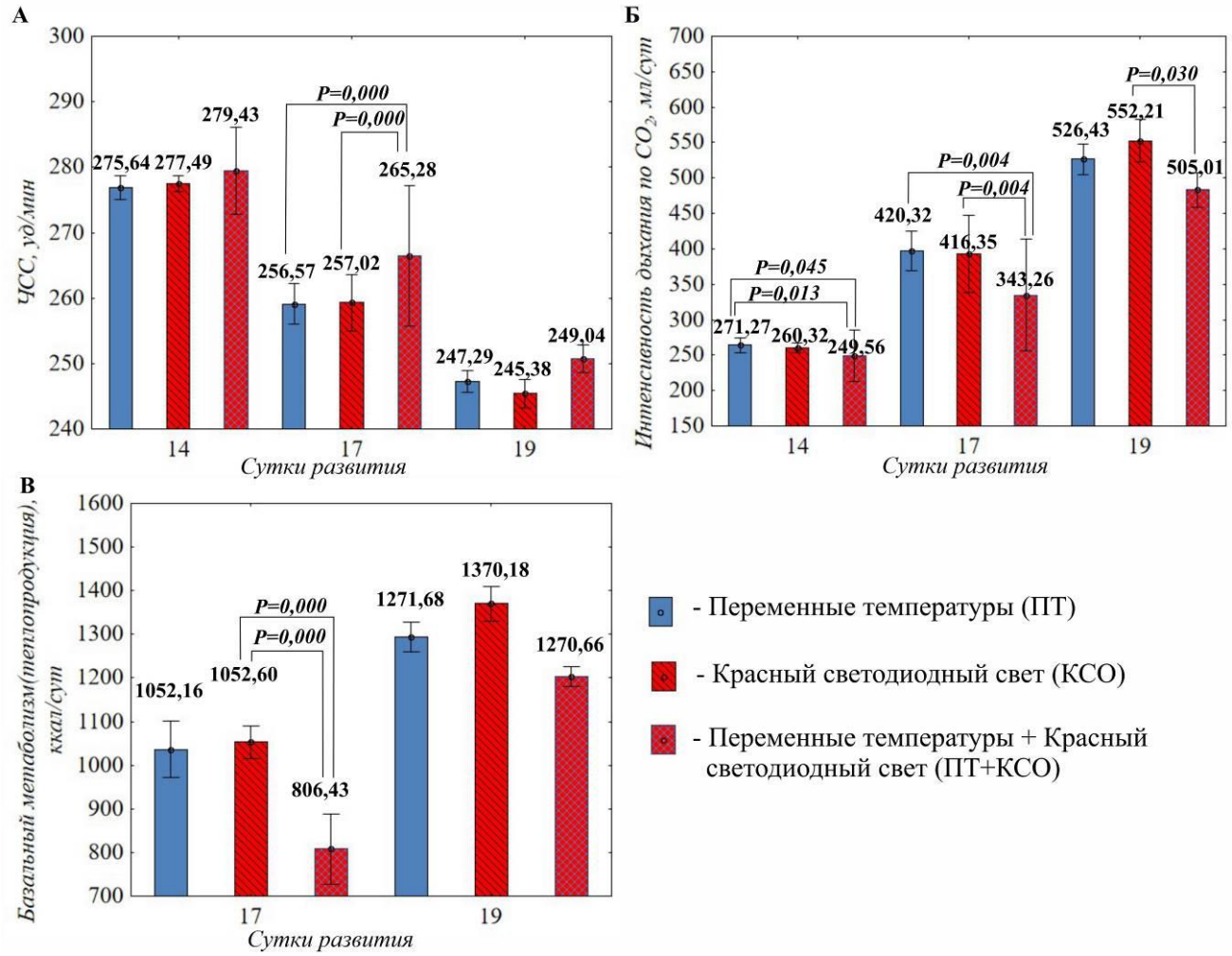
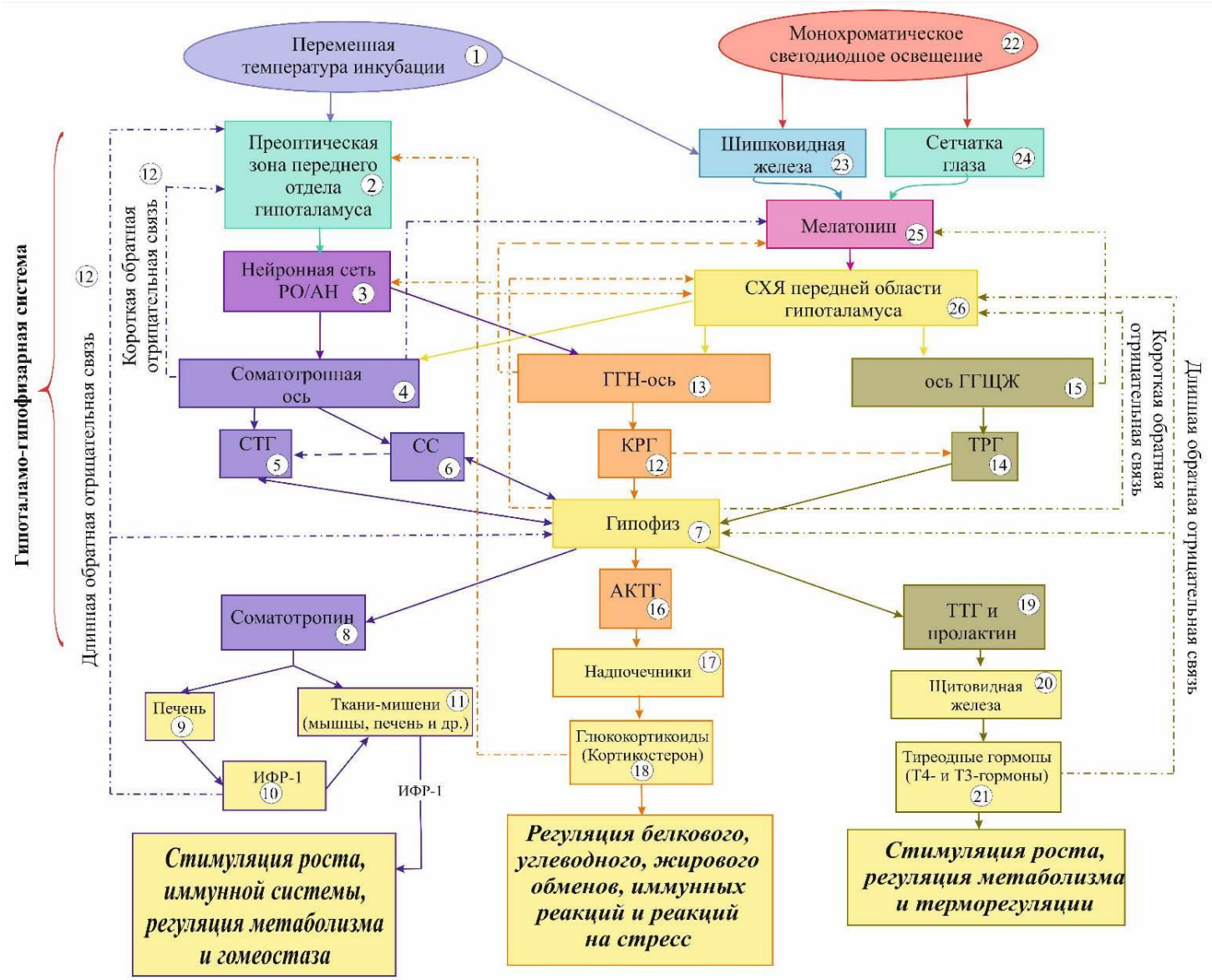



**Рисунок 10** – ЧСС (А), интенсивность дыхания (Б) и уровень базального метаболизма (В) у эмбрионов кур на 14, 17, 19 сутки развития под влиянием ПТ, КСО и синергетического воздействия ПТ+КСО.




ГГН-ось – гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось;
ось ГГЩЖ – ось гипоталамус-гипофиз-щитовидная железа;
СТГ – соматотропин-рилизинг гормон;
СС – соматостатин; КРГ – кортикотропин-рилизинг гормон;
ТРГ – тиреотропин-рилизинг гормон;
АКТГ – адренокортикотропный гормон;
ТТГ – тиреотропный гормон;
ИФР-1 – инсулиноподобный фактор роста-1;
СХЯ – супрахиазматическое ядро передней области гипоталамуса;
$T_4$ – тироксин,
$T_3$ – трийодтиронин.

**Рисунок 11** – Блок-схема центральных нейроэндокринных механизмов регуляции роста, метаболизма, иммунных реакций, терморегуляции и реакций на стресс куриных эмбрионов на основе синергетического воздействия переменных температур и монохроматического красного освещения (Челнокова, М. И. и др., 2022; Chelnokova, M. I. et al., 2023).

Основную роль в регуляции роста, метаболизма, терморегуляции и реакции на стресс куриных эмбрионов отводят нейроэндокринным механизмам. На основе собственных результатов исследования и литературных данных (Кочиш, И. И. и др., 2019; Scanes, C. G., 2009; Tona, K. et al., 2022; Yalcin, S. et al., 2022 и др.) нами разработана полагаемая блок-схема центральных нейроэндокринных механизмов регуляции роста, метаболизма, иммунных реакций, терморегуляции и реакций на стресс куриных эмбрионов на основе синергетического эффекта переменной температуры и красного светодиодного освещения (Рисунок 11).

Известно, что кортикостерон (18) влияет на функциональную активность соматотропной оси (4) посредством ингибирующего действия на СТГ (5), который уменьшает рост тела путём подавления синтеза ИФР-1 (10). Следовательно, можно предположить, что на фоне воздействия стресс-факторов (температура и свет) во время инкубации снижается функциональная активность соматотропной (4) и ГГЩЖ (15) осей посредством ингибирующего действия на СТГ (5) и ТРГ (14), которые задерживают процессы роста и метаболизма у куриных эмбрионов в антенатальном онтогенезе (рисунок 11).

Ориентируясь на представленные данные, можно полагать, что механизмы, опосредующие возможные эффекты переменной температуры и красного светодиодного освещения яиц во время инкубации в развитии куриных эмбрионов и их органов, а также морфофизиологические процессы, связаны с пластическими изменениями в функциональной активности гипоталамо-гипофизарной системы в процессе эмбриогенеза и раннего постнатального онтогенеза.

**Результаты шестой серии исследований**. Общим в развитии провизорных органов эмбрионов кур яичного кросса Ломанн Браун при стандартной (СТ) и переменной температурах (ПТ) является то, что к 18 суткам происходит уменьшение размеров энтодермальных клеток желточного мешка, увеличение толщины слоёв хориоаллантоиса, размеров кровеносных сосудов мезодермального слоя желточного мешка и хориоаллантоиса. К 18 суткам при ПТ отмечалось увеличение толщины слоёв хориоаллантоиса и диаметра сосудов его мезодермального слоя по сравнению со СТ. ПТ оказывали положительное влияние на развитие эмбрионов кур, выражающееся в повышении их массы к 20 суткам, снижении массы желточного мешка и наибольшем эффекте его использования эмбрионом.

ПТ инкубации на 14 сутки способствуют наибольшей функциональной активности клеток хориона и наименьшей – клеток аллантоиса, к 18 суткам – клеток мезенхимы и редукции их площади, а также увеличение толщины слоёв хориона, мезенхимы, аллантоиса и размеров кровеносных сосудов в мезенхиме.

Возрастные различия отчётливо проявляются в толщине миокарда, суммарной толщине всех слоёв стенки левого желудочка сердца у 14- и 20-суточных эмбрионов, развивающихся при красном светодиодном освещении (КСО) и ПТ, характеризующиеся их увеличением, а также у 20-суточных эмбрионов при КСО более выраженным увеличением размеров кардиомиоцитов.

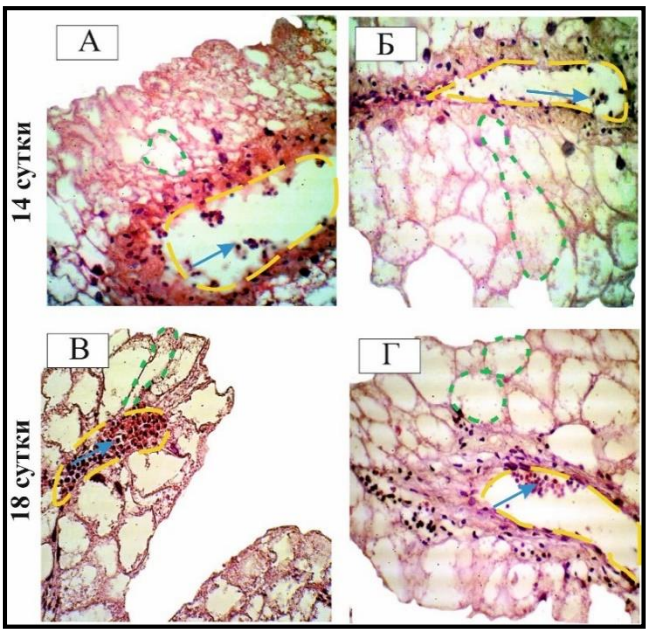



**Рисунок 12** – Микроморфологическая картина стенки желточного мешка на 14 и 18 сутки у эмбрионов кур кросса Ломанн Браун при стабильной температуре (А, В) и переменной температуре инкубации (Б, Г): окраска гематоксилином и эозином (по Эрлиху). Об. – 10, ок. – 15. Ворсинки желточного мешка, содержащие энтодермальные клетки (зелёные пунктирные рамки), которые окружают центральный кровеносный сосуд (жёлтые пунктирные рамки). Синяя стрелка – кровяные островки.

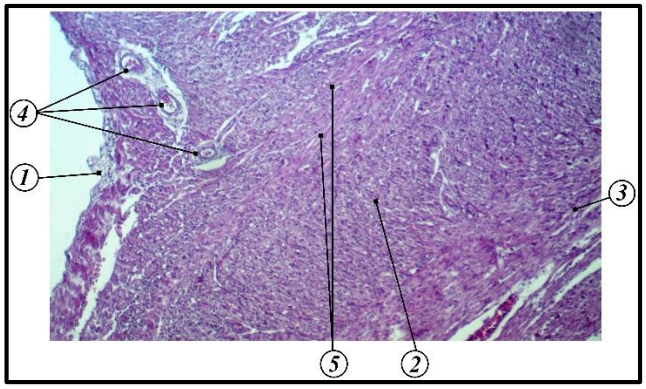



**Рисунок 13** – Микроморфологическая картина левого желудочка сердца у 17-суточного куриного эмбриона кросса Ломанн Браун, развивающегося при красном светодиодном освещении во время инкубации: окраска гематоксилином и эозином (по Эрлиху). Об. – 10, ок. – 16: *1* – эпикард; *2* – миокард; *3* – эндокард; *4* – коронарные сосуды; *5* – волокна Пуркинье.

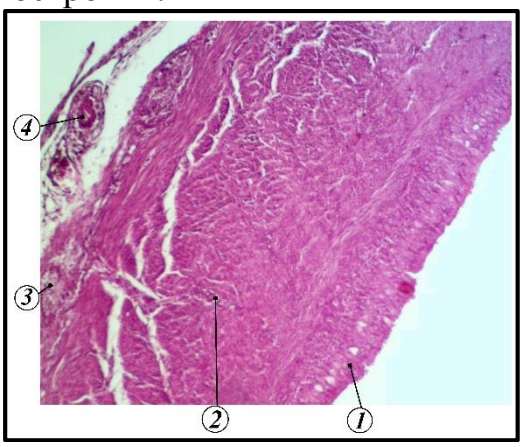



**Рисунок 14** – Микроморфологическая картина мышечного отдела желудка у 14-суточного куриного эмбриона кросса Ломанн Браун, развивающегося при переменной температуре инкубации: окраска гематоксилином и эозином (по Эрлиху). Об. – 4, ок. – 10: *1* – слизистая оболочка; *2* – мышечная оболочка; *3* – серозная оболочка; *4* – кровеносные сосуды.

При КСО к 20 суткам толщина миокарда, эпикарда и суммарная толщина слоёв стенки левого желудочка сердца куриных эмбрионов больше в сравнении со СТ и ПТ.

При ПТ у 14-суточных эмбрионов наиболее развит слизистый слой мышечного желудка, при КСО в 14-суточном возрасте – мышечный и серозный слои, а в 17-суточном возрасте – толщина слизистого, мышечного и серозного слоёв. В 20-суточном возрасте слизистый слой желудка развивается интенсивнее при КСО и ПТ, мышечный – при КСО.

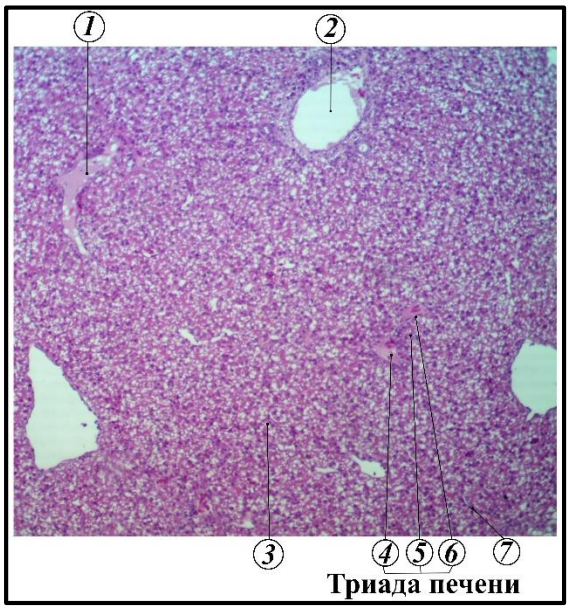



**Рисунок 15** – Микроморфологическая картина печени 20-суточного куриного эмбриона кросса Ломанн Браун, развивающегося при красном светодиодном освещении: окраска гематоксилином и эозином (по Эрлиху). Об. – 10, ок. – 16: *1* – центральная вена; *2* – продольная вена; *3* – балка; *4* – междольковая вена; *5* – междольковый желчный выводной проток; *6* – междольковая артерия; *7* – синусоидный капилляр.

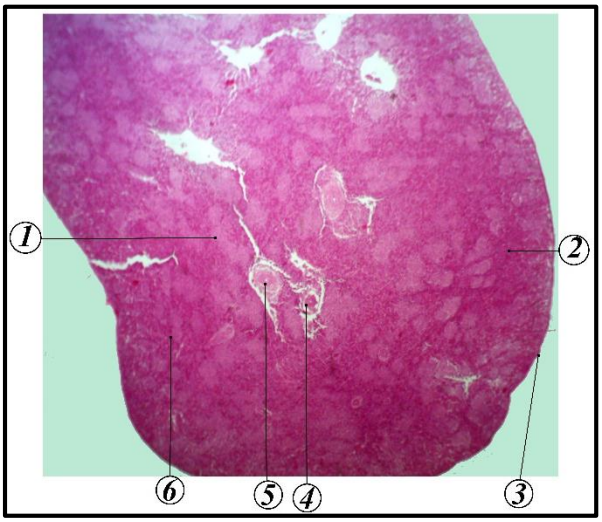



**Рисунок 16** – Микроморфологическая картина селезёнки 20-суточного куриного эмбриона кросса Ломанн Браун, развивающегося при красном светодиодном освещении: окраска гематоксилином и эозином (по Эрлиху). Об. – 4, ок. – 16: *1* – белая пульпа; *2* – красная пульпа; *3* – капсула; *4* – трабекулярная вена; *5* – трабекулярная артерия; *6* – трабекула.

В 14-, 17-, 20-суточном возрасте у эмбрионов кур, развивающихся при ПТ и КСО, отмечался равномерный рост гепатоцитов печени, не отличающийся от их роста при СТ.

У 20-суточных куриных эмбрионов КСО стимулирует развитие большого белой пульпы селезёнки, малого диаметра белой пульпы, площади белой пульпы, большого диаметра центра размножения лимфоидного фолликула и его площади, диаметров мантийного слоя лимфоидного фолликула и трабекул

красной пульпы, но замедляет рост селезёнки у 20-суточных куриных эмбрионов. При ПТ у 20-суточных эмбрионов отмечается увеличение белой пульпы, трабекул, центральной артерии красной пульпы селезёнки и не изменяется масса органа по сравнению со СТ.

В развитии висцеральных органов эмбрионов кур яичного кросса Ломанн Браун на клеточно-тканевом и органном уровнях под воздействием ПТ и непрерывного КСО в эмбриогенезе кур также выявлены некоторые характерные морфофизиологические особенности, не оказывающие отрицательного воздействия на развитие цыплят в постнатальном онтогенезе (см. результаты 5-ой серии исследований).

Повышение температуры на 0,2°С от оптимальной в период с 1 по 14 сутки способствует в 14-суточном возрасте активному росту слизистого слоя желудка в толщину, но приводит к ослаблению функциональной активности миоцитов мышечной оболочки желудка. Понижение температуры от оптимальной на 0,6°С с 18 суток замедляет развитие эндокарда и кардиомиоцитов миокарда левого желудочка сердца у 20-суточных эмбрионов, что, по-видимому, является адаптационной перестройкой в ответ на ПТ инкубации. КСО во время инкубации интенсивнее стимулирует развитие миокарда и эпикарда левого желудочка сердца у эмбрионов кур к 20 суткам. К 20-суточному возрасту у эмбрионов кур, развивающихся при КСО, характерен иммунный тип развития селезёнки, а при ПТ и СТ – метаболический тип. При ПТ и КСО сердце, мышечный желудок, печень 20-суточных эмбрионов кур морфологически более развиты, чем у эмбрионов, которые развивались при СТ.

**Результаты седьмой серии исследований**. Положительный эффект последействия экспериментальных режимов инкубации проявлялся повышением вывода суточных цыплят при ПТ и КСО отдельно на 4% и при ПТ+КСО – на 8% по сравнению со стандартной температурой инкубации. Режимы ПТ, КСО и ПТ+КСО во время инкубации положительно влияли на развитие суточных цыплят (Таблица 2). Выявлено достоверно значимое увеличение массы их тела на 1,84 г при ПТ, на 2,57 г – при КСО и на 2,99 г – при ПТ+КСО по сравнению со СТ. Достоверных изменений в массе тела суточных цыплят между экспериментальными режимами инкубации не обнаружено.

Применение режимов ПТ, КСО и ПТ±КСО способствует улучшению качества суточного молодняка по шкале «Пасгар», которое составило от 0,57 до 0,66 ($p<0,05$) баллов соответственно, что указывает на высокую их результативность использования и длительность эффекта последействия.

Для дальнейшего выращивания и оценки сохранности молодняка были сформированы группы, состоящие из курочек, в количестве 100 голов в каждой, выведенные при разных режимах инкубации. Анализ массы молодняка кур в 90-дневном возрасте показал, что достоверно значимых различий в данном показателе между экспериментальными режимами инкубации, а также со СТ не выявлено ($p>0,05$; Таблица 2). Масса молодняка кур к 90-дневному возрасту, которые развивались при СТ, составила 1112,47 г, при ПТ – 1128,51 г, при

круглосуточном КСО – 1128,73 г, при ПТ+КСО – 1129,38 г.

Эффект последействия экспериментальных режимов сопровождался наибольшей сохранностью курочек по сравнению с контролем: она была выше при ПТ на 2%, при КСО – на 3%, при ПТ+КСО – на 2%. После воздействия КСО выявлена наиболее высокая сохранность курочек в возрасте 90 дней.

**Таблица 2** – Влияние стандартной температуры, переменной температуры, красного светодиодного освещения, синергетического воздействия переменной температуры и красного светодиодного освещения на вывод, качество суточных цыплят (по 10-балльной шкале «Пасгар») и сохранность молодняка кур кросса Ломанн Браун, M±SE

| Показатели | Режим инкубации | | | |
|---|---|---|---|---|
| | СТ (контроль) | ПТ | КСО | ПТ+КСО |
| Заложено яиц, штук | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Вывод суточных цыплят, гол./% | 127/84,66 | 134/89,33 | 133/88,66 | 140/93,33 |
| Масса тела, г: в суточном возрасте | 42,47±0,20 [41,12; 44,25] | 44,31±0,17* [43,11; 45,87] | 45,04±0,17* [42,32; 46,67] | 45,46±0,13* [43,21; 46,29] |
| в 90-дневном возрасте (курочки) | 1112,47±2,77 [1043,36; 1184,33] | 1128,51±1,80 [1094,42; 1162,12] | 1128,73±1,33 [1001,06; 1168,11] | 1129,38±1,42 [1004,65; 1168,54] |
| Критерий шкалы «Пасгар», баллов | 8,46±1,36 | 9,04±0,11* | 9,08±0,11* | 9,14±0,10* |
| Сохранность, гол./% в суточном возрасте | 127/100 | 134/100 | 133/100 | 140/100 |
| в 90-дневном возрасте (курочки) | 96/96,00 | 98/98,00 | 99/99,00 | 98/98,00 |

*Примечание:* * – статистически значимое отличие в показателях по отношению к контролю при уровне значимости P<0,05.

Расчёт экономической эффективности разработанных режимов инкубации показал, что экономический эффект от повышения вывода и качества суточных цыплят кросса Ломанн Браун при использовании экспериментальных режимов инкубации яиц составил 360-780 рублей, от повышения сохранности молодняка кур до 90-дневного возраста – 1203-1720 рублей. Из расчёта на 1000 голов экономический эффект экспериментальных режимов инкубации яиц от повышения вывода и качества цыплят составит 1680-3470 рублей, от повышения

сохранности молодняка кур до 90-дневного возраста – 3400-4500 рублей.

Таким образом, использование переменных температур и непрерывного красного светодиодного освещения во время инкубации как отдельно, так и совместно являются экономически эффективными способами повышения жизнеспособности, вывода и сохранности молодняка кур кросса Ломанн Браун.

## Заключение

1. В разные периоды антенатального онтогенеза при стандартном режиме и переменных температурах инкубации максимальные и минимальные значения удельной скорости роста массы, длины тела кур кросса Хайсекс Браун и Ломанн Браун и их висцеральных органов имеют внутривидовые различия. Удельная скорость роста массы тела эмбрионов кур Хайсекс Браун при стандартной температуре инкубации преобладала в зародышевый период на 53,58% в сравнении с кроссом Ломанн Браун, сердца и мышечного желудка в период вылупления – на 24,45 и 15,58%. В зародышевый период при переменной температуре инкубации скорость длины тела превышала на 5,59% у эмбрионов Ломанн Браун, к периоду вылупления скорость роста массы тела, мышечного желудка, селезёнки – на 21,39%, 15,04%, 17,03%. В предплодный период скорость роста селезёнки больше у эмбрионов Хайсекс Браун на 40,11%.

2. В антенатальном онтогенезе у обоих кроссов при стандартной и переменных температурах инкубации преобладает отрицательная аллометрия роста и их висцеральных органов. У эмбрионов Хайсекс Браун наиболее интенсивный аллометрический рост длины к массе тела отмечается в предплодный период при стандартной и переменной температурах, а у Ломанн Браун раньше – в зародышевый, затем в предплодный и период вылупления. У эмбрионов кур Ломанн Браун при стандартной температуре наибольшая интенсивность аллометрического роста мышечного желудка протекает в предплодный и плодный периоды, селезёнки – в предплодный период, печени – плодный период, а у эмбрионов Хайсекс Браун сердца – в предплодный и плодный периоды, печени – в предплодный период и период вылупления, селезёнки – в предплодный период; при переменной температуре у эмбрионов Ломанн Браун сердца, мышечного желудка, печени, селезёнки – в предплодный период, селезёнки – в плодный период, а у Хайсекс Браун сердца, мышечного желудка, печени выражена в более поздние периоды эмбриогенеза (плодный период и период вылупления).

3. Выделение углекислоты и поглощение кислорода эмбрионами кур Хайсекс Браун в сравнении с Ломанн Браун было больше в зародышевый период и период вылупления на 50,62 и 9,13% при стандартной температуре, а при переменных температурах у Хайсекс Браун в зародышевый период – на 30,18%, у Ломанн Браун в период вылупления – на 15,81%. В антенатальном развитии кур Ломанн Браун при переменной температуре характерно преобладание суммарного газообмена, базального метаболизма (теплопродукции) и ранняя выраженная пропорциональность между процессами метаболизма и роста, а у

Хайсекс Браун при стандартной температуре – только ранняя выраженная пропорциональность между процессами метаболизма и роста, и недостаток суммарного газообмена, базального метаболизма.

4. Варьирование высоких и низких температур во время инкубации в зависимости от продолжительности их воздействия оказывало положительное влияние на антенатальное развитие кур Ломанн Браун, которое выражалось в более интенсивном росте эмбрионов на 4,91 г, развитии мышечного желудка и селезёнки на 0,587 и 0,006 г соответственно, в наиболее выраженной скорости газообмена на 7,63% и уровне теплопродукции на 3,16 ккал/ч к периоду вылупления, наибольшей энергетической ценности эмбрионов на 4,15 кДж и наименьших суммарных затратах энергии на рост и метаболизм в период с 4 суток инкубации до выведения на 200,82 ккал. Процент вывода молодняка кур Ломанн Браун преобладал на 4% по сравнению с Хайсекс Браун за счёт снижения эмбриональной смертности на 0,66%, уменьшения числа замерших эмбрионов и задохликов на 1,33 и 1,34% соответственно.

5. Удельная скорость роста массы куриных эмбрионов Ломанн Браун в зародышевый период антенатального онтогенеза больше при красном освещении на 31,41% по сравнению с темнотой. К периоду вылупления скорость роста сердца куриных эмбрионов значительно больше при зелёном и красном освещениях на 21,08 и 13,93% соответственно, а мышечного желудка и печени – при красном освещении на 15,98 и 17,39% по сравнению с темнотой. В предплодный период развития скорость роста селезёнки преобладает в темноте на 20,63% и зелёном освещении – на 16,95%, в период вылупления – в темноте на 20,12% в сравнении с зелёным освещением. При красном освещении наибольшая интенсивность отрицательного аллометрического роста длины тела эмбрионов кур выявлена в предплодный и плодный периоды, мышечного желудка, печени – в предплодный, сердца – в предплодный и плодный периоды. При зелёном освещении интенсивный аллометрический рост длины тела выявлен в зародышевый период и период вылупления, селезёнки – в предплодный, плодный периоды и период вылупления, сердца – в период вылупления, мышечного желудка и печени – в плодный период и период вылупления. Скорость выделения $CO_2$ куриными эмбрионами больше при красном и зелёном освещениях в зародышевый период развития на 24,28 и 25,68% в сравнении с темнотой. К периоду вылупления красное освещение во время инкубации стимулирует массу тела эмбрионов кур в 1,1 раза, ускоряет их процессы энергетического обмена по выделению $CO_2$ на 2,28 мл/сут и теплопродукции – на 4,56 ккал/сут по сравнению с зелёным освещением.

6. К периоду вылупления антенатального онтогенеза кур Ломанн Браун непрерывный красный световой режим стимулирует эмбриональный рост длины и массы тела в 1,06 и 1,05 раза, мышечного желудка – в 1,18 раза, печени – в 1,03 раза, селезёнки – в 1,54 раза, а 18- и 12-часовые режимы – массу тела в 1,05 и 1,02 раза, мышечного желудка – в 1,20 и 1,17 раза, печени – в 1,03 и 1,02 раза, селезёнки – в 1,68 и 1,45 раза, при этом выявлено выраженное снижение лимфоцитов и повышение гетерофилов, и повышение уровня стресса у куриных

эмбрионов при отсутствии света и 12-часовом режиме. Выделение $CO_2$ при 24- и 18-часовом режимах увеличилось на 3,62-4,06 и 1,88-1,98%, соответственно, к показателям без света и при 12-часовом воздействии, уровень базального метаболизма – на 4,49-4,73 и 2,37-2,61%. На 18 сутки развития при 24-часовой световой стимуляции увеличилась толщина стенки фолликулов шишковидной железы у куриных эмбрионов на 21,40 мкм по сравнению в отсутствии света. Вывод цыплят при 24- и 18-часового светового режима был достоверно выше, чем в отсутствие света и при 12-часовом освещении, на 1,99-2,33 и 4,99-5,33%, а выводимость яиц – на 2,16-3,32 и 3,68-4,84%. Самая высокая эмбриональная жизнеспособность в течение 19-21 суток выявлена при круглосуточном освещении, а наиболее высокая гибель плода – при 12-часовом освещении.

7. К 19 суткам эмбриогенеза синергетическое воздействие переменной температуры и красного светодиодного освещения приводило к снижению массы тела кур Ломанн Браун в 1,13 раза по сравнению с красным освещением, массы селезёнки в сравнении с переменными температурами – в 1,36 раза, но повышало уровень метаболизма (по выделению $CO_2$) по сравнению с указанными вариантами, соответственно, на 47,20 и 21,42 мл/сут. ЧСС и уровень теплопродукции эмбрионов кур на 19 сутки при разных режимах инкубации варьировали в незначительных пределах без чётких различий.

8. Применение переменных температур оказывало стимулирующий эффект на развитие провизорных органов эмбрионов кур Ломанн Браун по сравнению со стандартной температурой. На 14 сутки большой диаметр энтодермальных клеток желточного мешка был больше на 21,14%, малый диаметр – на 53,25%, площадь клеток – на 24,55%. К 18 суткам плодного периода при переменных температурах, в отличии от стандартной температуры, малый диаметр энтодермальных клеток желточного мешка увеличился на 27,46%, площадь сосудов – на 63,64%, их периметр и диаметр – на 27,35 и 51,94%, соответственно. К 20 суткам масса тела эмбрионов кур увеличилась на 7,51%, а масса желточного мешка уменьшилась на 37,89% по сравнению со стандартной температурой, что доказывает о более эффективном использовании питательных веществ желтка куриными эмбрионами. К 18 суткам при переменных температурах отмечалось увеличение толщины слоёв хориоаллантоиса и диаметра его сосудов мезодермального слоя: толщина хориона больше на 14,57%, мезенхимы – на 21,99%, аллантоиса – на 13,33%, диаметр сосудов мезодермального слоя – на 48,44%.

9. К периоду вылупления антенатального онтогенеза при использовании непрерывного красного светодиодного освещения отмечалось увеличение цитоморфологических показателей сердца, мышечного желудка, селезёнки кур Ломанн Браун по сравнению со стабильной и переменной температурами. При красном освещении к 20 суткам толщина миокарда сердца куриных эмбрионов больше на 39,67-18,88%, соответственно, толщина эпикарда – на 60,49-44,29%, суммарная толщина слоёв стенки левого желудочка сердца – на 39,38-27,33%, площадь кардиомиоцитов – на 30,55-29,71%; суммарная толщина слоёв стенки мышечного желудка – на 41,49-28,98%, в т.ч. слизистого

слоя – на 36,44-9,77%, мышечного слоя – на 48,53-35,60%, большой диаметр миоцитов мышечного слоя – на 22,37-28,66%, площадь миоцитов – на 21,50-28,81%. Большой диаметр белой пульпы селезёнки при красном освещении к периоду вылупления в сравнении с инкубацией при стандартной температуре увеличился на 25,81%, малый диаметр белой пульпы – на 21,82%, её площадь – на 24,43%, большой диаметр центра размножения лимфоидного фолликула и его площади – на 24,42 и 39,50%, соответственно, диаметр мантийного слоя лимфоидного фолликула – на 22,40%, диаметр трабекул красной пульпы – на 40,43%. К 20-суточному возрасту у эмбрионов кур, развивающихся при красном освещении, преобладает белая пульпа по отношению к красной, что характеризует иммунный тип развития селезёнки, а при переменной и стандартной температурах, наоборот, – метаболический тип.

10. Положительный эффект последействия экспериментальных режимов инкубации проявлялся повышением вывода суточных цыплят на 4-8% по сравнению со стандартной температурой, массы тела суточных цыплят – в 1,04-1,07 раза, их качества и жизнеспособности по шкале «Пасгар» – на 0,57-0,66 баллов и сохранности курочек в возрасте 90 дней – на 2-3%. Экономическая эффективность от повышения вывода и качества суточных цыплят кросса Ломанн Браун при использовании экспериментальных режимов инкубации яиц составила 360-780 рублей, от повышения сохранности молодняка кур до 90-дневного возраста – 1203-1720 рублей. Из расчёта на 1000 голов экономический эффект экспериментальных режимов инкубации яиц от повышения вывода и качества цыплят составит 1680-3470 рублей, от повышения сохранности молодняка кур до 90-дневного возраста – 3400-4500 рублей.

## Практические предложения

Полученные данные по морфофизиологическим особенностям эмбрионального развития кур яичных кроссов при использовании переменных температур и светодиодного освещения различного цветового спектра во время инкубации яиц могут быть использованы при написании соответствующих разделов учебных пособий, атласов и справочных руководств по возрастной эмбриологии, анатомии, гистологии кур, а также в лабораториях научно-исследовательских учреждений, занимающихся разработкой режимов инкубации для современных отечественных кроссов продуктивной птицы и применимы в работе ветеринарных специалистов птицеводческих предприятий.

Для практики ветеринарной медицины значимость работы состоит в том, что выявленные особенности развития кур яичной продуктивной птицы в антенатальном периоде онтогенеза при переменных температурах могут быть применены в дальнейшем изучении низких температур во время инкубации в профилактике асцита и высоких температур – устойчивости цыплят к инфекционным заболеваниям, повышения естественной резистентности и сохранности сельскохозяйственных птицы.

Использование переменных температур и непрерывного красного светодиодного освещения во время инкубации яиц как отдельно, так и совместно являются экономически эффективными способами повышения жизнеспособности, вывода и сохранности молодняка кур кросса «Ломанн Браун».

## Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Рекомендуем использовать режимы инкубации с переменными температурами (37,8°С – 1…14 сутки; 39,5°С в течение 2 часов ежедневно – 15…17 сутки, в оставшиеся 22 часа ежедневно 37,8°С; 37,5°С – 18 сутки; 37,0°С – 19…21 сутки), 24- и 18-часовое красное светодиодное освещение (мощность – 12 Вт, длина волны – 632 нм, угол рассеивания света – 120º) яиц кросса кур Ломанн Браун, как отдельно, так и совместно на инкубаторных станциях с целью сокращения процента эмбриональной смертности, увеличения процента вывода и сохранности молодняка.

Проведённые исследования могут служить основой для усовершенствования промышленных инкубаторов на наличие светодиодных неонов с целью повышения вывода и сохранности молодняка сельскохозяйственной птицы.

При разработке режимов инкубации с переменными температурами и светодиодного освещения необходимо учитывать температурный режим и цветовой спектр для конкретного кросса продуктивной птицы.

Перспективы дальнейшей разработки темы мы видим в более детальном изучении гистологической и функциональной реакции структур гипоталамо-гипофизарной системы кур в антенатальном периоде онтогенеза под воздействием переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации, а также раннее постнатальное развитие цыплят, их органов, иммунный статус.

## Список сокращений и условных обозначений

СТ – инкубация при стандартной температуре
ПТ – инкубация при переменных температурах в темноте
КСО – круглосуточное красное освещение при стандартной температуре инкубации
ПТ+КСО – инкубация при переменных температурах с круглосуточным красным освещением
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЯЦО – ядерно-цитоплазматическое отношение
ЗП – зародышевый период
ППП – предплодный период
ПП – плодный период
ПВ – период вылупления

Г : Л – соотношение гетерофилов к лимфоцитам крови
ГГН-ось – гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось
ГГЩЖ – ось гипоталамус-гипофиз-щитовидная железа
СТГ – соматотропин-рилизинг гормон
СС – соматостатин
КРГ – кортикотропин-рилизинг гормон
ТРГ – тиреотропин-рилизинг гормон
АКТГ – адренокортикотропный гормон
ТТГ – тиреотропный гормон
ИФР-1 – инсулиноподобный фактор роста-1
СХЯ – супрахиазматическое ядро передней области гипоталамуса
$T_4$ – тироксин
$T_3$ – трийодтиронин

## Список опубликованных работ по теме диссертации

### *Статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ*


1. Челнокова, М. И. Воздействие температурных режимов и БАВ на эмбриональное развитие кур / М. И. Челнокова, А. Г. Шутенков, Ф. И. Сулейманов // Птицеводство. – 2011. – № 5. – С. 11-12.
2. Челнокова, М. И. Влияние температуры инкубации на морфологический состав яйца и эмбриональное развитие кур / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов // Птица и птицепродукты. – 2011. – № 3. – С. 22-24.
3. Челнокова, М. И. Особенности роста и развития эмбрионов кур яичного кросса Ломанн Браун / М. И. Челнокова, А. А. Челноков // Генетика и разведение животных. – 2021. – № 1. – С. 29-36.
4. Челнокова, М. И. Воздействие переменных температур инкубации на рост печени эмбрионов кур яичного кросса / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Вестник ИрГСХА. – 2021. – № 105. – С. 131-143.
5. Челнокова, М. И. Развитие и метаболизм эмбрионов курицы в эмбриогенезе при разном светодиодном освещении яиц во время инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Иппология и ветеринария. – 2021. – № 4(42). – С. 219-224.
6. Челнокова, М. И. Сравнительная характеристика морфометрических показателей роста и развития эмбрионов кур яичного направления на разных стадиях эмбриогенеза / М. И. Челнокова, А. А. Челноков, Ф. И. Сулейманов // Ветеринария и кормление. – 2021. – № 2. – С. 51-54.
7. Челнокова, М. И. Эффект воздействия переменной температуры инкубации на рост и метаболизм куриных эмбрионов яичных кроссов и развитие их висцеральных органов / М. И. Челнокова, А. А. Челноков, Ю. В. Аржанкова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 6. – С. 112-128.

8. Челнокова, М. И. Особенности развития висцеральных органов у эмбрионов кур яичного кросса Ломанн Браун при красном и зеленом монохроматическом светодиодном освещении / М. И. Челнокова, А. А. Челноков // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 112-123.

9. Челнокова, М. И. Эпигенетическая адаптация эмбрионов кур кросса Ломанн Браун к переменным температурам инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Ветеринария. – 2022. – № 3. – С. 65-70.

10. Челнокова, М. И. Оценка влияния переменной температуры инкубации на морфогенез желточного мешка и развитие эмбрионов кур яичного кросса Ломанн Браун / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков, В. Н. Корчемкин // Учёные записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины». – 2023. – Т. 59, вып. 1. – С.47-51.

***Статьи, опубликованные в журналах, включённых в международные базы цитирования (Web of Science, CA(pt), Springer (a))***

13. Влияние фотопериода красного светодиодного освещения во время инкубации на рост, гематологические и физиологические показатели эмбрионов кур яичного кросса Ломанн Браун / М. И. Челнокова, А. А. Челноков, Ю. В. Аржанкова, Т. И. Скопцова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2023. – Т. 61, № 1. – С. 48-60. = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series, 2023, vol. 61, no. 1, pp. 48-60.

14. Челнокова, М. И. Влияние красного светодиодного освещения на морфогенез шишковидной железы, рост, гематологические и физиологические показатели эмбрионов кур / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Аграрная Россия. – 2022. – № 12. – С. 34-42.

15. Челнокова, М. И. Синергетическое воздействие переменной температуры и красного светодиодного освещения во время инкубации на рост, метаболизм куриных эмбрионов и качество суточных цыплят яичного кросса / М.И. Челнокова, Ф.И. Сулейманов, А.А. Челноков // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 6. – С. 51-56. = *Chelnokova, M. I. Synergistic Effect of Variable Temperature and Red LED Lighting During Incubation on the Growth and Metabolism of Chicken Embryos and the Quality of Day-Old Egg-Cross Chickens / M. I. Chelnokova, F. I. Suleimanov, A. A. Chelnokov // Russian Agricultural Sciences. – 2023. – V. 49, No. 1. – P. 75-81.*

16. Челнокова, М. И. Воздействие дифференцированной температуры инкубации на рост куриных эмбрионов кросса Хайсекс коричневый и развитие их висцеральных органов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 3. – С. 62-67. = *Chelnokova, M. I. Differential Incubation Temperature Effects on Growth of Hisex Brown Chick Embryos and Development of Their Visceral Organs // Agricultural Sciences. – 2021. – V. 47. – No. 4. – P. 418-424.*

17. Челнокова, М. И. Влияние лазерного излучения на выводимость и морфологический состав крови эмбрионов кур / М. И. Челнокова, А. Г. Шутенков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 2(26). – С. 72-79.

18. Челнокова, М. И. Сравнительная характеристика морфометрических показателей роста и развития эмбрионов кур яичных кроссов Хайсекс Коричневый и Ломанн Браун в разные периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации яиц / М. И. Челнокова, А. А. Челноков // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16, № 8(120). – С. 1161-1177.

19. Челнокова, М. И. Рост и онтогенетическая аллометрия висцеральных органов эмбрионов кур кросса Ломан Браун на разных стадиях эмбриогенеза при стабильном температурно-влажностном режиме инкубации / М. И. Челнокова // Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – № 1(41). – С. 123-131.

20. Челнокова, М. И. Онтогенетическая аллометрия роста и висцеральных органов эмбрионов кур яичных кроссов в эмбриогенезе при переменных температурах инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2022. – № 1(16). – С. 119-125.

21. Челнокова, М. И. Изменение биохимического состава переэмбриональных структур куриного яйца при термостабильном термоконтрастном режимах инкубации / М.И. Челнокова // В сб.: Перспективы развития сельского хозяйства: наука, образование и практика: российско-германская науч.-практ. конф. – Воронеж, 2009. – С. 164 - 165.

22. Челнокова, М. И. Концентрация общего белка и альбуминов в белке и желтке куриных яиц в зависимости от температурных условий инкубации / М. И. Челнокова, А. А. Челноков // В сб.: Вклад молодых ученых в развитие науки: IV международная науч.-практ. конф. – Великие Луки, 2009. – С. 57 - 62.

23. Челнокова, М. И. Влияние температурных режимов инкубации на составные части яйца, рост и развитие эмбрионов кур яичного кросса / М. И. Челнокова // В сб.: Вклад молодых ученых в развитие науки: V международная науч.-практ. конф. – Великие Луки, 2010. – С. 42-46.

24. Челнокова, М. И. Изменение морфологического состава яйца и эмбриогенез кур при различной температуре инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов // В сб.: Достижения молодых ученых: перспективы, технологии, инновации для развития АПК: международная науч.-практ. конф. – Великие Луки, 2011. – С. 49-50.

25. Челнокова, М. И. Формирование провизорных органов у эмбрионов кур при разных температурных режимах инкубации / М. И. Челнокова // В сб.: Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных: II всероссийская интернет-конференция. – Казань, 2011. – С. 77 - 80.

26. Челнокова, М. И. Воздействие низкочастотного лазерного излучения на морфологический состав крови эмбрионов кур и их выводимость / М. И. Челнокова // В сб.: Механизмы и закономерности индивидуального развития человека и животных: IV Международной науч.-практ. конф., посвящённой 80-

летию заслуженного деятеля науки РФ Л. П. Тельцова. – Саранск, 2017. – С. 281-287.

27. Челнокова, М. И. Закономерности роста эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» в разные периоды эмбриогенеза при красном светодиодном освещении яиц во время инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Известия Великолукской ГСХА. – 2021. – № 2(35). – С. 45-56.

28. Челнокова, М. И. Особенности роста висцеральных органов кур яичного кросса Хайсекс коричневый на разных стадиях эмбриогенеза при стабильном температурно-влажностном режиме инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков. – Текст: электронный // В сб.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: XI Международная науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2021. – Т. II. – С. 202-209.

29. Челнокова, М. И. Влияние переменных температур инкубации на цитометрические показатели гепатоцитов и накопление гликогена в печени эмбрионов кур в период вылупления / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов // В сб.: Инновационные технологии в зоотехнии и ветеринарии: III Всероссийская науч.-практ. конф. – Пенза, 2021. – с. 94-99.

30. Челнокова, М. И. Критические фазы и аллометрия роста висцеральных органов кур яичного кросса Хайсекс коричневый на разных стадиях эмбриогенеза при стабильном температурно-влажностном режиме инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов // В сб.: Научные приоритеты современной ветеринарной медицины, животноводства и экологии в исследованиях молодых ученых: национальная науч.-практ. конф. – Рязань, 2021. – С.25-30.

31. Челнокова, М. И. Влияние переменных температур инкубации на морфометрические показатели висцеральных органов эмбрионов кур кросса «Ломанн Браун» / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков, В. Н. Корчемкин // В сб.: Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: всероссийская (национальная) науч.-практ. конф. – Москва, 2021. – С. 241-245.

32. Челнокова, М. И. Особенности роста эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» в разные периоды эмбриогенеза при красном светодиодном освещении яиц во время инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // В сб.: Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: всероссийская (национальная) науч.-практ. конф. – Москва, 2021. – С. 237-241.

33. Челнокова, М. И. Рост и онтогенетическая аллометрия эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» в разные периоды эмбриогенеза при красном светодиодном освещении яиц во время инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // В сб.: Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: международная науч.-практ. конф. – Витебск, 2021. – С.156-161.

34. Челнокова, М. И. Эффекты переменных температур инкубации яиц на морфометрические показатели висцеральных органов эмбрионов кур кросса

«Ломанн Браун» / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков, В. Н. Корчемкин // В сб.: Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: международная науч.-практ. конф. – Витебск, 2021. – С.152-156.

35. Челнокова, М. И. Закономерности роста висцеральных органов кур яичного кросса Хайсекс коричневый на разных стадиях эмбриогенеза при стабильном температурно-влажностном режиме инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // В сб.: Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при техногенном ее развитии: международная науч.-практ. конф. – Брянск, 2021. – С. 129-133.

36. Челнокова, М. И. Критические фазы и аллометрия роста висцеральных органов кур яичного кросса Хайсекс коричневый на разных стадиях эмбриогенеза при стабильном температурно-влажностном режиме инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов // В сб.: Научные приоритеты современной ветеринарной медицины, животноводства и экологии в исследованиях молодых ученых: национальная науч.-практ. конф. – Рязань, 2021. – С.302-306.

37. Челнокова, М. И. Влияние фотопериода красного светодиодного освещения во время инкубации яиц кросса «Ломанн Браун» на гематологические показатели крови и уровень стресса у эмбрионов кур / М. И. Челнокова, А. А. Челноков, Ю. В. Аржанкова, Т. И. Скопцова // В сб.: Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: всероссийская науч.-практ. конф. – Благовещенск, 2022. – С. 227 – 239.

38. Челнокова, М. И. Влияние переменной температуры инкубации на морфогенез эпителиальной ткани желточного мешка у куриных эмбрионов яичного кросса / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // В сб.: Технологии и инновации: конференция научно-педагогических работников, аспирантов и обучающихся. – Великие Луки, 2022. – С. 491-493.

39. Челнокова, М. И. Сравнение роста и метаболизма куриных эмбрионов от гибридной сельскохозяйственной птицы яичного направления продуктивности при переменной температуре инкубации / М. И. Челнокова, А. А. Челноков, Ю. В. Аржанкова // В сб.: Современные проблемы зоотехнии: международная науч.-практ. конф. – Москва, 2022. – С. 196-200.

40. Челнокова, М. И. Синергетическое воздействие переменной температуры и красного светодиодного освещения во время инкубации на рост, метаболизм куриных эмбрионов и качество суточных цыплят яичного кросса / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // В сб.: Развитие агропромышленого комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий: международная науч.-практ. конф. – Великие Луки, 2022. – С. 149-152.

41. Челнокова, М. И. Влияние эпигенетической тепловой адаптации на морфологические и физиологические показатели эмбрионов кур кросса «Ломанн Браун» / М. И. Челнокова // В сб.: Состояние и перспективы развития зоотехнической науки и практики животноводства: всероссийская науч.-практ. конф. – Пермь, 2022. – С. 134-138.

42. Челнокова, М. И. Влияние красного светодиодного освещения на морфогенез шишковидной железы эмбрионов кур / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков, В. Н. Корчемкин // Вопросы ветеринарной гистологии. – 2022. – №1. – С. 29-33.

43. Челнокова, М.И. Особенности роста, развития висцеральных органов и метаболизма у эмбрионов курицы (Gallus Gallus Domesticus L.) при синергетическом воздействии переменной температуры и красного светодиодного освещения во время инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // В сб.: Морфология в XXI веке: теория, методология, практика: всероссийская (национальная) науч.-практ. конф. – Москва, 2023. – С. 53-56.

***Монография***

44. Закономерности роста, метаболизма куриных эмбрионов яичных кроссов и развитие их висцеральных органов при воздействии переменных температур инкубации / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков, Ю. В. Аржанкова. – М.: Издательский Дом Инфра-М, 2022. – 184 с.

***Методические рекомендации и инновационные разработки***

45. Челнокова, М. И. Рекомендации по использованию переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации для повышения вывода и сохранности кур кросса «Ломанн Браун» / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков. – Великие Луки: Издательство ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, 2024. – 30 с.

46. Челнокова, М. И. Методические рекомендации по использованию переменных температур и красного светодиодного освещения во время инкубации для стимуляции роста куриных эмбрионов яичного направления продуктивности / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков. – Великие Луки: Издательство ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, 2023. – 123 с.

47. Челнокова, М. И. Применение светодиодного освещения при переменных температурах для стимуляции эмбрионального развития кур разного направления продуктивности / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов, А. А. Челноков // Каталог инновационных разработок Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений: информ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – С. 29-30.