УДК 636.52/.58:611.013
DOI: 10.26897/0021-342X-2021-6-112-128



# 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

(ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА)

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с эффективностью воздействия переменной температуры инкубации (37,8°С – 1…14-е сутки; 39,5°С в течение двух часов ежедневно – 15…17-е сутки; 37,5°С – 18-е сутки; 37,0°С – 19…21-е сутки; относительная влажность воздуха – 57,0%) на рост, уровень метаболизма куриных эмбрионов двух кроссов: «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун», развитие их висцеральных органов и результативность инкубации. В настоящее время большинство работ посвящено изучению влияния переменных температур инкубации яиц в пределах использования одного кросса кур и сравнению со стандартным режимом инкубации. Необходимым условием для гармоничного развития эмбрионов продуктивной птицы является получение знаний об их морфофизиологических параметрах и метаболических потребностях, на основе которых можно проводить корректировку режима искусственной инкубации яиц. Результаты исследований показали, что разработанный и апробированный режим инкубации с переменными температурами наиболее эффективен для яиц кур кросса «Ломанн Браун» по сравнению с кроссом «Хайсекс Браун». Положительный эффект инкубации яиц «Ломанн Браун» выражался в более интенсивном росте куриных эмбрионов и развитии некоторых висцеральных органов (мышечный желудок, селезенка), а также в наиболее выраженной скорости газообмена (по $CO_2$), наибольшей энергетической ценности эмбрионов и наименьших суммарных затратах энергии на рост и метаболизм в период с 4-х суток инкубации до выведения. Дифференциация температурного режима в процессе эмбриогенеза оказывает положительное влияние на результаты инкубации. Процент вывода молодняка кросса «Ломанн Браун» выше на 4% по сравнению с кроссом «Хайсекс Браун» за счет снижения эмбриональной смертности, уменьшения числа замерших эмбрионов и задохликов. Подобного рода исследования, по-нашему мнению, являются весьма перспективными и необходимыми для корректировки существующих режимов инкубации яиц кур различного направления продуктивности.*

***Ключевые слова*:** *куриные эмбрионы, кросс «Хайсекс Браун», кросс «Ломанн Браун», эмбриогенез, метаболизм, сердце, печень, мышечный желудок, селезенка, переменная температура инкубации.*

## Введение

Эмбриональное развитие и раннее постнатальное развитие считаются наиболее уязвимыми фазами жизненного цикла домашних птиц Gallus gallus в отношении температурных воздействий искусственной инкубации [16, 26]. Это наиболее важный эпигенетический фактор внешней среды искусственной инкубации, влияющий на выводимость и постнатальное развитие птицы. С учетом того, что при естественном насиживании яиц домашних птиц вида Gallus gallus температура может колебаться в широком диапазоне (от 30 до 40°С), особое внимание следует уделять возможному сочетанию влияния низких и высоких температур при искусственной инкубации [20, 26]. Однако опубликованных исследований, посвященных изучению воздействия переменных температур на рост и метаболизм куриных эмбрионов от гибридной сельскохозяйственной птицы яичного направления продуктивности и их висцеральные органы в процессе искусственной инкубации, недостаточно [16, 18, 19].

Ранее мы установили, что поддержание температуры с 1 по 14-е сутки на уровне 37,8°С с последующим повышением до 39,5°С в течение 2–3 ч ежедневно на 15…17-е сутки, снижение ее на 18-е сутки до 37,5°С, а затем, с 19 по 21 сутки, – до 37,0°С увеличивают выводимость и снижают эмбриональную смертность цыплят кросса «Хайсекс Браун» по сравнению со стабильной температурой инкубации [12]. Эффект переменной температуры инкубации проявляется в увеличении массы тела, сердца, мышечного желудка, печени куриных эмбрионов яичного кросса «Хайсекс Браун», в раннем выведении цыплят на 19-е сутки, повышении линейных и весовых размеров тела в раннем постнатальном онтогенезе [16].

Во время эмбрионального развития условия внешней среды вызывают различия в интенсивности метаболизма [11, 23, 24]. Отклонения от оптимальных условий инкубации яиц могут привести к эпигенетической неправильной адаптации эмбрионов кур, которая может стать основой для развития заболеваний и снижения продуктивности в постнатальном онтогенезе птицы [15]. Необходимым условием для гармоничного развития эмбрионов птицы разного направления продуктивности является получение знаний об их морфофизиологических параметрах и метаболических потребностях, на основе которых можно проводить корректировку режима инкубации яиц [5, 16, 23]. Поэтому целью исследований было изучение эффектов переменной температуры во время инкубации (37,8°С – 1–14-е сутки; 39,5°С в течение 2 ч ежедневно – 15–17-е сутки; 37,5°С – 18-е сутки; 37,0°С – 19–21-е сутки) на рост, уровень метаболизма куриных эмбрионов кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун» и развитие их висцеральных органов. В отдельных сериях опытов оценивался эффект воздействия переменных температур на результаты инкубации яиц изучаемых кроссов птиц.

## Материал и методы исследований

Эксперименты проведены на базе ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА. Объектом для исследований служили инкубационные яйца кур яичных кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун», приобретенные в ЛПХ «Южный» Смоленской области и ОАО «Волжанин» Ярославской области (пос. Ермаково Рыбинского района) соответственно. Предварительно перед инкубацией оплодотворенные яйца взвешивали, отбирали по массе методом пар-аналогов и закладывали в инкубаторы. Инкубацию яиц кур кросса «Хайсекс Браун» (n = 200; средняя масса яиц – 58,45±4,14 г) проводили при режиме с переменными температурами во время инкубации в инкубаторе ИЛБ-0,5 (Волгасельмаш, Россия), а кросса «Ломанн Браун» (n = 189; средняя масса яиц – 58,81±4,03 г) – при том же режиме в инкубаторе «Несушка» (серия «Фермер», ООО «ЗЭБТ», Россия). Режим инкубации яиц с переменными температурами предусматривал поддержание температуры с 1 по 14-е сутки на уровне 37,8±0,10°С, с 15 по 17-е сутки – ее повышение до 39,5±0,10°С в течение 2 ч ежедневно, на 18-е сутки – уменьшение до 37,5±0,10°С, с 19 по 21-е сутки – до 37,0±0,10°С. Относительная влажность воздуха составляла 57,0% (рис. 1).

Инкубированные яйца вскрывали ежедневно с 4-х суток с соблюдением этических норм при работе с живыми биологическими объектами. Извлеченных эмбрионов, а также их висцеральные органы обсушивали на фильтровальной бумаге. Морфометрическую оценку массы и роста тела эмбрионов проводили с 4 по 20-е сутки, массы сердца, мышечного желудка, печени – с 9 по 20-е сутки, а селезенки – с 13 по 20-е сутки инкубации. В ходе эксперимента было вскрыто 354 яйца.

Массу тела эмбрионов, отдельных висцеральных органов определяли на аналитических весах Сартогосм ЛВ 210-А (Россия). Длину тела эмбрионов измеряли от верхушки черепа до конца хвоста с помощью электронного штангенциркуля Finch Industrial Tools 19856 (Canada Inc.).

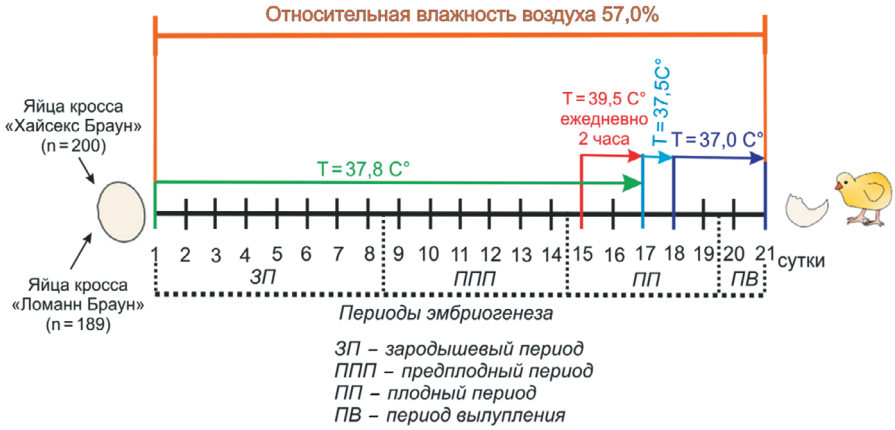


**Рис. 1.** Схематическое описание режима с переменными температурами инкубации

Относительную скорость роста линейных и весовых значений массы тела и внутренних органов рассчитывали по формуле С. Броди (1) [7]:

$$K = \frac{(W_t - W_0) \times 100}{(W_t + W_0) \times 0,5}, \quad (1)$$

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

Уровень метаболизма определяли по формулам аллометрической зависимости уровня выделяемого углекислого газа ($Q$) от массы тела ($M$) эмбрионов кур в период с 4 по 20-е сутки инкубации [2], в том числе в пойкилотермной фазе до 12-го дня инкубации (2):

$$Q = 1,36 \times M^{0,773} \text{ мл/ч·г} \quad (2)$$

и в гомойотермной фазе – до 20-х суток (3):

$$Q = 1,84 \times M^{0,739} \text{ мл/ч·г.} \quad (3)$$

Энергетическую ценность куриных эмбрионов определяли на момент выведения к 20-м суткам. Для перехода к энергетическим единицам использовали оксикалорийный коэффициент, равный 20,36 кДж/л [11].

Для описания уровня базального метаболизма (теплопродукции) в зависимости от скорости роста и массы тела куриных эмбрионов применяли уравнение наименьших квадратов, предложенное C.M. Vleck, D.F. Hoyt [24] (4):

$$P = 12,17 \times GR + 1,66 \times M + 1,81, \quad (4)$$

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

Эффективность переменных температур инкубации оценивалась на основе результатов инкубации яиц по следующим инкубационным показателям: ранняя эмбриональная смертность эмбрионов, кровяное кольцо, замершие эмбрионы, задохлики, выводимость, вывод молодняка.

Данные были обработаны с помощью пакета статистической программы Statistica 10.0 (Statsoft Inc, USA, 2010). Для сравнения изучаемых показателей использовали параметрический дисперсионный анализ One-way Anova с апостериорным анализом Newman-Keuls, Fisher LSD test и непараметрический критерий Mann-Whitney U Test.

## Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты сравнительного анализа морфометрических показателей роста, массы тела, висцеральных органов куриных эмбрионов кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун» при воздействии переменных температур инкубации. У куриных эмбрионов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун» при переменных температурах инкубации отмечено закономерное увеличение длины и массы тела, массы сердца, мышечного желудка, печени, селезенки в период с 15 по 20-е сутки по отношению к 4…14-м суткам ($p = 0,000$) (табл. 1). Результаты множественного сравнительного анализа свидетельствуют о том, что повышение и снижение температуры при режиме с переменными температурами инкубации приводят к достоверному увеличению массы и длины тела эмбрионов, массы сердца, мышечного желудка, печени, селезенки к концу инкубации у обоих кроссов (табл. 1). Ранее в лаборатории установлено, что при повышении температуры с 1 по 3-и сутки инкубации до 38,0°С с последующим снижением до 37,6°С с 4 по 17-е сутки, до 37,0°С – на 18…21-е сутки происходят усиленный рост длины и массы тела куриных эмбрионов яичного кросса «Хайсекс Браун» [12] и интенсивное развитие костей тазовой конечности [9], сердца и печени [4]. Стимулирующее влияние переменных температур инкубации на рост массы тела эмбрионов мясного кросса «Ross 308» отмечает ряд авторов [20, 26].

При воздействии температуры 37,8°С в период с первых по 14-е сутки эмбриогенеза масса тела эмбрионов «Ломанн Браун» превалировала над массой эмбрионов «Хайсекс Браун» ($p = 0,000$). Длина тела и масса висцеральных органов эмбрионов «Ломанн Браун» при данной температуре были незначительно ($p > 0,05$) больше, чем у эмбрионов «Хайсекс Браун». При повышении температуры в течение 2 ч до 39,5°С на 15…17-е сутки инкубации у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» отмечался достоверный рост длины тела, мышечного желудка, селезенки в сравнении с эмбрионами кросса «Хайсекс Браун». При снижении температуры на 18-е сутки до 37,5°С у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» наблюдали рост массы тела, сердца, печени, а у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» – рост массы мышечного желудка и селезенки.

Снижение температуры на 19-е сутки до 37,0°С приводило к увеличению массы тела у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун», а на 19 и 20-е сутки – массы сердца и печени. У эмбрионов кросса «Ломанн Браун» увеличение массы тела отмечалось при данном температурном воздействии на 20-е сутки, а массы мышечного желудка и селезенки – на 19 и 20-е сутки (табл. 1).

Другими авторами также было установлено, что режим с переменными температурами инкубации (37,5°С – 0…14-е сутки; 39,5, или 40,7°С, в течение 3 ч ежедневно – 15…17-е сутки; 37,5°С – 18-е сутки; 37,0°С – 19…20-е сутки) приводит к увеличению абсолютной массы куриных эмбрионов пород мясной продуктивности «Gimmizah» и яичной продуктивности «Mandara» на 18-е и 20…21-е сутки эмбриогенеза [18]. При этом на 18-й день инкубации не было различий между породами по массе эмбрионов, а на 20…21-е сутки масса тела эмбрионов породы «Gimmizah» достоверно ($p < 0,05$) превалировала над массой породы «Mandara» [18]. Сравнение эмбриогенеза кур кроссов «Д-104», «Д-107», «Д-109» фирмы «Dominant CZ» при стандартных условиях инкубации показало различия в массе и длине тела сравниваемых эмбрионов, что является, по мнению авторов, основой для корректировки режима инкубации яиц [5].

Таблица 1

**Эффект переменной температуры инкубации на морфологические параметры размеров тела и висцеральных органов эмбрионов кур кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун»**

| Температура | Сутки инкубации | Показатели | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | масса тела, г | длина тела, см | масса сердца, г | масса желудка, г | масса печени, г | масса селезенки, г |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Кросс «Хайсекс Браун» | | | | | | | |
| 37,8°С | 4(9,13)…14# | 3,099±0,273 | 3,793±0,155 | 0,052±0,004 | 0,106±0,012 | 0,103±0,011 | 0,007±0,0008 |
| В течение 2 ч, 39,5°С | 15…17 | 17,288±0,661 | 7,367±0,091 | 0,146±0,007 | 0,491±0,021 | 0,390±0,018 | 0,010±0,0003 |
| 37,5°С | 18 | ***28,638±0,469*** | 8,533±0,037 | ***0,241±0,002*** | 0,970±0,004 | ***0,678±0,006*** | 0,012±0,0004 |
| 37,0°С | 19 | ***32,732±0,255*** | 9,400±0,155 | ***0,266±0,001*** | 1,097±0,023 | ***0,851±0,011*** | 0,013±0,0004 |
| | 20 | 36,048±0,235 | 10,033±0,051 | ***0,328±0,004*** | 1,217±0,019 | ***0,937±0,012*** | 0,013±0,0003 |
| *Р-значение* | | | | | | | |
| 37,8°С4$_{(9,\ 13)...14\ сут}$ × 39,5°С1$_{5...17\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С4$_{(9,\ 13)...14\ сут}$ × 37,5°С1$_{8\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С4$_{(9,\ 13)...14\ сут}$ × 37,0°С1$_{9...20}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°С1$_{5...17\ сут}$ × 37,5°С1$_{8\ сут}$ | | 0,000 | 0,013 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,125 |
| 39,5°С1$_{5...17\ сут}$ × 37,0°С1$_{9...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 |
| 37,5°С1$_{8\ сут}$ × 37,0°С1$_{9...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,085 |
| Кросс «Ломанн Браун» | | | | | | | |
| 37,8°С | 4(9, 13)…14# | ***3,487±0,306*** | 4,006±0,156 | 0,056±0,003 | 0,126±0,012 | 0,115±0,009 | 0,008±0,0004 |

*Окончание табл. 1*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В течение 2 ч, 39,5°С | 15…17 | 17,677±0,457 | ***8,025±0,063*** | 0,142±0,003 | ***0,635±0,030*** | 0,395±0,013 | ***0,012±0,0003*** |
| 37,5°С | 18 | 26,400±0,027 | 8,620±0,005 | 0,182±0,001 | ***1,210±0,017*** | 0,542±0,006 | ***0,015±0,0010*** |
| 37,0°С | 19 | 30,111±0,744 | 9,259±0,095 | 0,210±0,004 | ***1,378±0,082*** | 0,618±0,016 | ***0,019±0,0003*** |
| | 20 | ***40,956±0,357*** | 9,918±0,027 | 0,254±0,009 | ***1,804±0,042*** | 0,750±0,022 | ***0,019±0,0022*** |
| *Р-значение* | | | | | | | |
| 37,8°С4$_{(9, 13)…14\ сут}$ × 39,5°С1$_{5…17\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С4$_{(9, 13)…14\ сут}$ × 37,5°С1$_{8\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С4$_{(9, 13)…14\ сут}$ × 37,0°С1$_{9…20}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°С1$_{5…17\ сут}$ × 37,5°С1$_{8\ сут}$ | | 0,000 | 0,245 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 |
| 39,5°С1$_{5…17\ сут}$ × 37,0°С1$_{9…20\ сут}$ | | 0,000 | 0,004 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 |
| 37,5°С1$_{8\ сут}$ × 37,0°С1$_{9…20\ сут}$ | | 0,000 | 0,045 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| *Р-значение* | | | | | | | |
| ХБ $_{4(9, 13)…14\ сут}$ × ЛБ $_{4(9, 13)…14\ сут}$ | | 0,000 | 0,397 | 0,394 | 0,283 | 0,429 | 0,118 |
| ХБ $_{15…17\ сут}$ × ЛБ $_{15…17\ сут}$ | | 0,688 | 0,000 | 0,719 | 0,001 | 0,843 | 0,001 |
| ХБ $_{18\ сут}$ × ЛБ $_{18\ сут}$ | | 0,003 | 0,364 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| ХБ $_{19\ сут}$ × ЛБ $_{19\ сут}$ | | 0,000 | 0,164 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| ХБ $_{20\ сут}$ × ЛБ $_{20\ сут}$ | | 0,000 | 0,255 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

**Примечание.** Здесь и в таблицах 2, 3: ХБ – кросс «Хайсекс Браун»; ЛБ – кросс «Ломанн Браун».
[#]Массу и длину тела измеряли с 4 суток; массу сердца, мышечного желудка и печени – с 9 суток; массу селезёнки – с 13 суток инкубации.

На всем протяжении эмбриогенеза при переменной температуре инкубации наблюдалось достоверное снижение относительной скорости роста массы и длины тела, массы висцеральных органов куриных эмбрионов кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун». Максимальное снижение относительной скорости роста длины тела и селезенки эмбрионов обоих кроссов отмечали на 18-е сутки (p = 0,003; p = 0,000) (табл. 2), массы тела, сердца, мышечного желудка, печени – на 19–20-е сутки у эмбрионов «Хайсекс Браун» (p = 0,000), а у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» массы тела – на 15…17-е сутки (p = 0,000), массы сердца и печени – на 18-е сутки (p = 0,005; p = 0,000), массы мышечного желудка – на 19…20-е сутки (p = 0,000). N.A.M. Elsayed с соавт. (2009) отмечает снижение относительной скорости роста массы печени и содержания в ней гликогена у куриных эмбрионов яичного и мясного направлений продуктивности с повышением температуры в течение 3 ч ежедневно до 39,5 или 40,7°C на 15…17-е сутки инкубации [18].

Повышение температуры с 15 по 17-е сутки инкубации приводит к увеличению концентрации глюкозы в плазме крови вследствие распада гликогена в печени, что способствует эмбриональному росту и снижению смертности на поздних этапах эмбрионального развития. Авторы констатируют, что повышение температуры на 15…17-е сутки способствует усилению обмена веществ (метаболизма), активному распаду гликогена и выделению большего количества энергии для выведения цыплят [18].

N. Leksrisompong с соавт. указывает на то, что повышение температуры до 39,5°C после 14-х суток эмбрионального развития ускоряет время выведения цыплят, но снижает относительный прирост массы тела эмбрионов, массы сердца, мышечного желудка, тонкого кишечника по сравнению с температурой 38,2°C [19]. По данным других исследователей, снижение температуры до 36,7°C на 19-е сутки инкубации приводит к увеличению относительного прироста массы печени и селезенки у эмбрионов кур по сравнению с высокой температурой (38,9°C) [20].

Сравнительный анализ относительной скорости линейно-весовых размеров тела и висцеральных органов у эмбрионов разных кроссов яичного направления показал, что повышение температуры в течение 2 ч до 39,5°C на 15…17-е сутки инкубации стимулирует скорость роста массы тела у эмбрионов «Хайсекс Браун» (p = 0,026), а ее снижение до 37,0°C на 19…20-е сутки, наоборот, – у эмбрионов кур «Ломанн Браун» (p = 0,000) (табл. 2). Снижение температуры до 37,5°C на 18-е сутки повышает скорость роста массы сердца и печени у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун», а у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» снижение температуры до 37,0°C на 19…20-е сутки стимулирует рост массы тела (p = 0,000) и мышечного желудка (p = 0,001) (табл. 2). По-видимому, высокая температура инкубации в начале плодного периода эмбриогенеза способствует морфофизиологическим изменениям, на основе которых формируется эпигенетическая тепловая адаптация, поскольку ее механизмы могут быть использованы для преодоления теплового стресса после выведения [14, 15].

В современной литературе существует ряд доказательств благоприятного влияния переменных температур инкубации на развитие эмбрионов кур. Так, воздействие температуры 39,5°C в течение 12 ч с 7 по 16-е сутки стимулирует развитие кровеносных сосудов хориоаллантоиса, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси, которые участвуют в формировании терморегуляторных механизмов куриного эмбриона [22]. Они улучшают термотолерантность цыплят в постэмбриональный период. Воздействие высокой температуры 39,5°C в течение 2 ч с 5 по 12-е сутки увеличивает экспрессию генов, ответственных за ангиогенез, и улучшает термотолерантность эмбриона во время инкубации.

Таблица 2

**Эффект переменной температуры инкубации на относительную скорость роста размеров тела и висцеральных органов эмбрионов кур кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун»**

| Температура | Сутки инкубации | Показатели | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | масса тела, % | длина тела, % | масса сердца, % | масса желудка, % | масса печени, % | масса селезенки, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Кросс «Хайсекс Браун» | | | | | | | |
| 37,8°С | 5(10)…14## | 56,17±2,90 | 15,74±0,93 | 35,66±1,63 | 53,71±2,62 | 43,46±2,47 | ***73,53±10,23*** |
| В течение 2 ч, 39,5°С | 15…17 | ***26,19±2,32*** | 9,22±0,81 | 20,50±2,41 | 28,90±1,22 | 22,55±3,92 | 20,66±3,16 |
| 37,5°С | 18 | 28,05±1,56 | 5,64±0,65 | ***26,08±1,44*** | 43,00±1,34 | ***31,31±1,15*** | 8,83±3,28 |
| 37,0°С | 19…20 | 11,55±1,15 | 9,09±1,29 | 15,35±1,69 | 12,66±1,94 | 16,12±1,79 | 17,85±2,30 |
| *Р-значение* | | | | | | | |
| 37,8°С$5_{(10)...14\ сут}$ × 39,5°С$1_{5...17\ сут}$ | | 0,002 | 0,026 | 0,001 | 0,000 | 0,003 | 0,000 |
| 37,8°С$5_{(10)...14\ сут}$ × 37,5°С$1_{8\ сут}$ | | 0,001 | 0,003 | 0,020 | 0,030 | 0,054 | 0,000 |
| 37,8°С$5_{(10)...14\ сут}$ × 37,0°С$1_{9...20}$ | | 0,000 | 0,041 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°С$1_{5...17\ сут}$ × 37,5°С$1_{8\ сут}$ | | 0,837 | 0,444 | 0,173 | 0,004 | 0,164 | 0,273 |
| 39,5°С$1_{5...17\ сут}$ × 37,0°С$1_{9...20\ сут}$ | | 0,105 | 0,964 | 0,208 | 0,001 | 0,306 | 0,713 |
| 37,5°С$1_{8\ сут}$ × 37,0°С$1_{9...20\ сут}$ | | 0,310 | 0,242 | 0,026 | 0,000 | 0,044 | 0,240 |
| Кросс «Ломанн Браун» | | | | | | | |
| 37,8°С | 5(10)…14## | 53,54±2,55 | 16,57±0,73 | 31,76±2,90 | 51,04±1,63 | 38,74±1,60 | 38,92±3,24 |

*Окончание табл. 2*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В течение 2 ч, 39,5°С | 15…17 | 18,97±1,18 | 7,24±0,69 | 15,05±2,09 | 30,33±2,26 | 23,54±2,03 | 14,09±1,55 |
| 37,5°С | 18 | 22,47±1,85 | 5,07±1,18 | 10,88±2,74 | 36,28±3,64 | 13,07±1,68 | 9,86±2,19 |
| 37,0°С | 19…20 | ***22,95±2,44*** | 7,67±0,99 | 16,35±1,65 | ***25,35±3,11*** | 15,87±2,99 | 23,72±2,55 |
| *Р-значение* | | | | | | | |
| 37,8°С5$_{(10)…14\ сут}$ × 39,5°С1$_{5…17\ сут}$ | | 0,000 | 0,005 | 0,004 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С5$_{(10)…14\ сут}$ × 37,5°С1$_{8\ сут}$ | | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С5$_{(10)…14\ сут}$ × 37,0°С1$_{9…20}$ | | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°С1$_{5…17\ сут}$ × 37,5°С1$_{8\ сут}$ | | 0,689 | 0,469 | 0,418 | 0,189 | 0,031 | 0,299 |
| 39,5°С1$_{5…17\ сут}$ × 37,0°С1$_{9…20\ сут}$ | | 0,892 | 0,884 | 0,799 | 0,288 | 0,063 | 0,020 |
| 37,5°С1$_{8\ сут}$ × 37,0°С1$_{9…20\ сут}$ | | 0,956 | 0,659 | 0,536 | 0,049 | 0,494 | 0,003 |
| *Р-значение* | | | | | | | |
| ХБ $_{5(10)…14\ сут}$ × ЛБ $_{5(10)…14\ сут}$ | | 0,595 | 0,604 | 0,264 | 0,450 | 0,192 | 0,006 |
| ХБ $_{15…17\ сут}$ × ЛБ $_{15…17\ сут}$ | | 0,026 | 0,135 | 0,148 | 0,655 | 0,842 | 0,148 |
| ХБ $_{18\ сут}$ × ЛБ $_{18\ сут}$ | | 0,054 | 0,686 | 0,000 | 0,109 | 0,000 | 0,821 |
| ХБ $_{19…20\ сут}$ × ЛБ $_{19…20\ сут}$ | | 0,000 | 0,393 | 0,674 | 0,001 | 0,942 | 0,096 |

[##]Относительная скорость роста массы и длины тела рассчитана с 5 суток; массы сердца, мышечного желудка, печени – с 10 суток; массы селезенки – с 14 суток.

По мнению Г.К. Отрыганьева и А.Ф. Отрыганьевой, а также зарубежных авторов, повышение температуры во второй половине инкубации подавляет развитие эмбрионов, поэтому к концу инкубации, особенно в выводной период, ее необходимо снижать [8, 20]. Использование низких температур на 18…20-е сутки улучшает переносимость цыплятами низкой температуры в постэмбриональный период и уменьшает вероятность развития асцита. Временное повышение или понижение температуры инкубации яиц через определенные промежутки времени способствует мобилизации в первую очередь иммунной системы эмбрионов кур, которая играет важную роль в формировании механизмов эпигенетической тепловой адаптации к изменяющимся условиям внешней среды. Так, в многочисленных исследованиях установлен эффект импринтинга развивающимися эмбрионами как теплового, так и холодового тренинга, следствием чего является формирование эпигенетической тепловой адаптации, проявляющейся в увеличении устойчивости организма птицы в период выращивания к действию этих микроклиматических факторов [6, 14, 15]. Адаптация к переменным температурам, формирующаяся в течение эмбриогенеза, повышает вывод молодняка кур и его качество по сравнению с выведением при стабильном режиме инкубации [12, 16].

Исследования показали, что метаболизм у эмбрионов изученных яичных кроссов различен (по Fisher LSD Test различия достоверны: Кросс × Температура: $F_{(16, 272)} = 11{,}681$, $p = 0{,}0000$). Отличие состоит в том, что при варьировании высоких и низких температур в определенные сутки инкубации эмбрионы кур кросса «Ломанн Браун» продуцируют больше углекислоты в последние сутки развития, чем эмбрионы кросса «Хайсекс Браун» ($p = 0{,}000$) (табл. 3). Эффект переменных температур сопровождался повышением скорости продуцирования углекислого газа эмбрионами кросса «Хайсекс Браун» на 4…17-е сутки инкубации ($p = 0{,}000$; $p = 0{,}009$), а у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» – к концу инкубации на 19…20-е сутки ($p = 0{,}000$). Энергетическая ценность эмбрионов кур кросса «Хайсекс Браун» к моменту выведения при переменном температурном воздействии на 4,15 кДж ниже, чем у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» (табл. 3).

Результаты исследований зарубежных авторов показали, что при повышенных температурных условиях инкубации куриные эмбрионы имели более высокий уровень углекислого газа в период выведения, выводимость яиц повысилась, качество и рост цыплят после выведения до 7-суточного возраста были выше по сравнению со стабильным режимом инкубации [17].

Как следует из таблицы 3, уровень теплопродукции у эмбрионов кур зависит не только от переменной температуры инкубации яиц, но и от генотипа кроссов яичного направления (по Fisher LSD Test различия достоверны: Кросс × Температура: $F_{(15, 256)} = 15{,}190$, $p = 0{,}0000$). При переменных температурах инкубации более высокие энергетические затраты за все дни развития характерны для эмбрионов кур кросса «Хайсекс Браун», они составили 10083,74 ккал. Более экономичным эмбриогенез оказался у эмбрионов кросса «Ломанн Браун». Их суммарные энергетические затраты находились в пределах 9882,92 ккал. Породные различия в интенсивности теплопродукции при стандартных условиях инкубации яиц были прослежены еще O.D. Wangensteen и H. Rahn у эмбрионов кур пород «Белый Леггорн» и «Голубые Североголландские куры», причем эмбрионы породы «Белый Леггорн» имели более низкую теплопродукцию [25].

Исследования показали, что переменные температуры инкубации существенно влияют на результаты инкубации яиц кур кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун» (табл. 4). Установлено, что режим с переменными температурами повлиял на высокий процент вывода молодняка обоих кроссов кур, но у кросса «Ломанн Браун» данный показатель оказался выше на 4% за счет снижения эмбриональной смертности, уменьшения числа замерших эмбрионов и задохликов. Внешних изменений, уродств среди выведенного молодняка у изучаемых кроссов не отмечалось.

Таблица 3

**Эффект переменной температуры инкубации на уровень метаболизма (по выделению $CO_2$), теплопродукции и энергетические затраты у эмбрионов кур кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун»**

| Температура | Сутки инкубации | Показатели | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $Q(CO_2)$, мл/ч | $K(CO_2)$, % | *P*, ккал/ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Кросс «Хайсекс Браун» | | | | |
| 37,8°С | 4(5)…14 ### | 3,10±0,20 | *42,83±2,46* | 14,65±0,45 |
| В течение 2 ч, 39,5°С | 15…17 | 11,11±0,32 | *17,51±2,15* | 33,41±1,25 |
| 37,5°С | 18 | 16,22±0,20 | 20,80±1,16 | 52,79±0,96 |
| 37,0°С | 19…20 | 18,57±0,18 | 8,54±0,84 | 60,31±0,72 |
| Энергетическая ценность эмбрионов за инкубационный период, кДж | | 139,17 | | |
| Суммарные энергетические затраты, ккал | | 10083,74 | | |
| *P-значение* | | | | |
| 37,8°С$4_{(5)...14\ сут}$ × 39,5°С$1_{5...17\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С$4_{(5)...14\ сут}$ × 37,5°С$1_{8\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°С$4_{(5)...14\ сут}$ × 37,0°С$1_{9...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°С$1_{5...17\ сут}$ × 37,5°С$1_{8\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°С$1_{5...17\ сут}$ × 37,0°С$1_{9...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,5°С$1_{8\ сут}$ × 37,0°С$1_{9...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,010 | 0,000 |
| Кросс «Ломанн Браун» | | | | |
| 37,8°С | 4(5)…14 ### | 3,41±0,22 | 33,18±1,09 | 13,60±0,45 |
| В течение 2 ч, 39,5°С | 15…17 | 11,33±0,22 | 14,04±0,88 | 33,47±0,76 |
| 37,5°С | 18 | 15,28±0,12 | 16,64±1,02 | 48,38±0,48 |
| 37,0°С | 19…20 | *18,98±0,56* | *16,17±2,22* | 63,47±2,63 |
| Энергетическая ценность эмбрионов за инкубационный период, кДж | | 143,32 | | |
| Суммарные энергетические затраты, ккал | | 9882,92 | | |

*Окончание табл. 3*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| *P-значение* | | | | |
| 37,8°C4$_{(5)...14\ сут}$ × 39,5°C1$_{5...17\ сут}$ | | 0,006 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°C4$_{(5)...14\ сут}$ × 37,5°C1$_{8\ сут}$ | | 0,006 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8°C4$_{(5)...14\ сут}$ × 37,0°C1$_{9...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5°C1$_{5...17\ сут}$ × 37,5°C1$_{8\ сут}$ | | 0,713 | 0,785 | 0,000 |
| 39,5°C1$_{5...17\ сут}$ × 37,0°C1$_{9...20\ сут}$ | | 0,306 | 0,583 | 0,000 |
| 37,5°C1$_{8\ сут}$ × 37,0°C1$_{9...20\ сут}$ | | 0,346 | 0,909 | 0,000 |
| *P-значение* | | | | |
| ХБ $_{4(5)...14\ сут}$ × ЛБ $_{4(5)...14\ сут}$ | | 0,051 | 0,000 | 1,000 |
| ХБ $_{15...17\ сут}$ × ЛБ $_{15...17\ сут}$ | | 0,061 | 0,009 | 1,000 |
| ХБ $_{18\ сут}$ × ЛБ $_{18\ сут}$ | | 0,285 | 0,468 | 0,416 |
| ХБ $_{19...20\ сут}$ × ЛБ $_{19...20\ сут}$ | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

**Примечание**. $Q(CO_2)$ – уровень выделяемого углекислого газа; $K(CO_2)$ – относительная скорость выделения углекислого газа; $P$ – уровень базального метаболизма (теплопродукции).

### $Q$ рассчитывали с 4 суток; $K$ и $P$ – с 5 суток инкубации.

Таблица 4

**Эффект переменной температуры инкубации на результаты инкубации яиц кур кроссов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун»**

| Показатели | Кросс | | Различия между кроссами, % |
|---|---|---|---|
| | «Хайсекс Браун» | «Ломанн Браун» | |
| Заложено яиц, шт. | 150 | 150 | - |
| Ранняя эмбриональная смертность, эмбрионов, % | 4 (2,66) | 3 (2,00) | 0,66 |
| Кровяное кольцо, шт., % | 2 (1,33) | 1 (0,66) | 0,67 |
| Замершие, шт., % | 4 (2,66) | 2 (1,33) | 1,33 |
| Задохлики, шт., % | 3 (2,00) | 1 (0,66) | 1,34 |
| Выводимость, % | 92,00±0,94 | 95,33±0,83* | 3,33 |
| Вывод молодняка, гол., % | 128 (85,33±0,81) | 134 (89,33±0,79)* | 4,00 |

*P < 0,05 – уровень достоверных различий в относительных показателях (Fisher LSD test).

Кроме многочисленных исследований в пределах использования переменных температур инкубации яиц одного кросса и сравнения его со стандартным режимом инкубации, работ, освещающих вопросы влияния переменных температур инкубации на результаты инкубации яиц разных яичных кроссов не встречается. А.И. Рудь рекомендует использовать для повышения выводимости и более интенсивного роста молодняка кур кросса «Ломанн Браун» режим с переменными температурами инкубации: с 1 по 11-е сутки – от 36,0°С до 38,6°С; в последующие сутки – от 35,5°С до 37,5°С [10]. Другими авторами предложено использование режима инкубации яиц кросса «Ломанн Браун» до 45 ч с температурой 37,5–37,7°С, затем, в период 46–96 ч, – 38,4–38,5°С; с 97 ч до 13 суток – 37,5–37,6°С; на 14–17-е сутки – 38,4–38,5°С ежедневно в течение 4 ч; с 18 суток до вывода – 36,5–36,6°С [13]. Такой режим повысил вывод цыплят кросса «Ломанн Браун» на 4% и выводимость яиц на 3,1% по сравнению со стабильным при температуре воздуха 37,6 ºС [13]. Тем не менее в данных работах отсутствует сравнение применяемых режимов инкубации яиц с другими высокопродуктивными кроссами, что наводит на дополнительные вопросы об эффективности предлагаемых режимов. Поэтому до сих пор не существует общего консенсуса в отношении параметров и режимов инкубации яиц птицы в пределах одного направления продуктивности.

Изучение нами ранее двух способов стимуляции роста эмбрионов кур кросса «Хайсекс Браун» показало, что при первом режиме инкубации с переменными температурами (1–3-и сутки – температура воздуха – 38,0°С; 4–17-е сутки – 37,6°С; 18–21-е сутки – 37,0°С) выводимость повысилась на 1,1% по сравнению со вторым режимом (1–14-е сутки – температура – 37,8°С; 15–17-е сутки – 39,5°С в течение 3 ч ежедневно; 18-е сутки – 37,5°С; 19–21-е сутки – 37,0°С), эмбриональная смертность уменьшилась на 0,19%, а сохранность цыплят до 10 суток выращивания была больше на 1% [12]. Эти данные указывают на то, что для яиц кросса «Хайсекс Браун» первый режим инкубации с переменными температурами (1–3-и сутки температура воздуха – 38,0°С; 4–17-е сутки – 37,6°С; 18–21-е сутки – 37,0°С) является более эффективным. Влияние переменных температур на вывод и выводимость яиц отмечают и зарубежные авторы [21], причем она зависит от особенностей эмбриогенеза и генотипа кроссов яичного и мясного направления продуктивности [1, 3].

## Выводы

С учетом вышесказанного можно утверждать, что разработанный и апробированный режим инкубации с переменными температурами наиболее эффективен для яиц кур кросса «Ломанн Браун». Положительный эффект инкубации яиц кросса «Ломанн Браун» выражался в более интенсивном росте куриных эмбрионов и развитии некоторых висцеральных органов (мышечный желудок, селезёнка), а также в более выраженной скорости газообмена, наибольшей энергетической ценности эмбрионов и наименьших суммарных затратах энергии на рост и метаболизм в период с 4-х суток инкубации до выведения. Дифференциация температурного режима в процессе эмбриогенеза оказывает положительное влияние на результаты инкубации яиц. Процент вывода молодняка кросса «Ломанн Браун» выше на 4% за счет снижения эмбриональной смертности и уменьшения числа замерших эмбрионов и задохликов. Подобного рода исследования, по-нашему мнению, являются весьма перспективными и необходимыми для корректировки существующих режимов инкубации яиц кур различного направления продуктивности.

## Библиографический список

1. *Артемов Д.В.* Влияние термоконтрастных режимов инкубации яиц на эмбриональное развитие и продуктивность птицы / Д.В. Артемов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2014. – № 1. – С. 5–20.

2. *Болотников А.М.* Экология раннего онтогенеза птиц / А.М. Болотников, А.И. Шураков, Ю.Н. Каменский, Л.Н. Добринский. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. – 228 с.

3. *Бурьян М.* Каждый новый кросс – это изменения в технологии инкубации / М. Бурьян // Птицеводство. – 2005. – № 4. – С. 46–47.

4. *Голубцова В.А.* Влияние факторов внешней среды на рост и развитие эмбрионов кур / В.А. Голубцова, Ф.И. Сулейманов, М.Э. Ибрагимов // Птица и птицепродукты. – 2008. – № 1. – С. 21–22.

5. *Епимахова Е.Э.* Сравнение эмбриогенеза кур кроссов «Dominant CZ» / Е.Э. Епимахова, А.А. Горбачева // Материалы Национальной научно-практической конференции «Достижения и перспективы развития животноводства», посвященной памяти В.Я. Горина (28 марта 2019 г., п. Майский). – Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. – С. 26–29.

6. *Забудский Ю.И.* Термотолерантность сельскохозяйственной птицы: Обзор / Ю.И. Забудский, Л.Ю. Киселев, А.С. Делян [и др.] // Проблемы продуктивных животных. – 2012. – № 1. – С. 5–16.

7. *Мина М.В.* Рост животных / М.В. Мина, Г.А. Клевезаль. – М.: Наука, 1976. – 291 с.

8. *Отрыганьев Г.К.* Технология инкубации / Г.К. Отрыганьев, А.Ф. Отрыганьева. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 189 с.

9. *Половинцева Т.М.* Развитие костей тазовой конечности эмбрионов кур при изменении температурно-влажностного режима / Т.М. Половинцева, Ф.И. Сулейманов // Онтогенез. – 2008. – Т. 3, № 39. – С. 227–230.

10. *Рудь А.* Термоконтрастный режим инкубации яиц / А. Рудь // Птицеводство. – 2004. – № 4. – С. 21–23.

11. *Солдатова И.Б.* Развитие и метаболизм зародышей курицы в эмбриогенезе при звуковой стимуляции / И.Б. Солдатова // Онтогенез. – 2011. – Т. 42, № 4. – С. 300–306.

12. *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.

13. *Щербатов В.И.* Дифференцированный режим инкубации куриных яиц / В.И. Щербатов, С.Б. Едыгова, Э.Н. Цесарская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 30. – С. 181–184.

14. *Badran A.M.* Epigenetic thermal adaptation of chickens during late embryonic development / A.M. Badran, A. Desoky, E.M. Abou-Eita [et al.] // Egyptian Poultry Science Journal. – 2012. – V. 32. – P. 675–689.

15. *Bednarczyk M.* Chicken embryo as a model in epigenetic research / M. Bednarczyk, A. Dunislawska, K. Stadnicka [et al.] // Poultry Science. – 2021. – V. 100. – P. 101–164.

16. *Chelnokova M.I.* Differential Incubation Temperature Effects on Growth of Hisex Brown Chick Embryos and Development of Their Visceral Organs / M.I. Chelnokova // Russian Agricultural Sciences. – 2021. – V. 47. – № 4. – P. 418–424.

17. *Decuypere E.* The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality / E. Decuypere, V. Bruggeman // Poultry Science. – 2007. – V. 86. – P. 1037–1042.

18. Elsayed N.A.M. New Suggested Schemes for incubation Temperature and Their Effect on Embryonic Development and Hatching / N.A.M. Elsayed A.E. Elkomy, A.S. El-Saadany [et al.] // Power Asian Journal of Poultry Science. – 2009. – V. 3. – № 1. – P. 19–29.

19. *Leksrisompong N.* Broiler Incubation. 1. Effect of Elevated Temperature During Late Incubation on Body Weight and Organs of Chicks / N. Leksrisompong, H. Romero-Sanchez P.W. Plumstead [et al.] // Poultry Science. – 2007. – V. 86. – P. 2685–2691.

20. *Maatjens C.M.* Temperature during the last week of incubation. I. Effects on hatching pattern and broiler chicken embryonic organ development / C.M. Maatjens, I.A.M. van Roovert-Reijrink B. Engel [et al.] // Poultry Science. – 2016. – V. 95. – P. 956–965.

21. *Ozaydın T.* Effects of High Incubation Temperature on the Body Weight and Yolk Consumption of Two Commercial Broiler Strain / T. Ozaydın, I. Celik // Acta Scientiae Veterinariae. – 2014. – V. 42. – P. 1253.

22. *Piestun Y.* The effect of thermal manipulation during the development of the thyroid and adrenal axes on in-hatch and post-hatch thermoregulation / Y. Piestun, D. Shinder, M. Ruzal [et al.] // J. Therm. Biol. – 2008. – V. 33. – P. 413–418.

23. *Tona K.* Comparison of Lohmann White and Lohmann Brown Strains in Embryo Physiology / K. Tona, K. Agbo, B. Kamers [et al.] // Int. J. Poult. Sci. – 2010. – V. 9. – P. 907–910.

24. *Vleck C.M.* Metabolism and energetics of reptilian and avian embryos / C.M. Vleck, D.F. Hoyt // Deeming C.D., Ferguson M.W. (red) Egg incubation: its effects on embryonic development in birds and reptiles. – Cambridge University Press, 2004. – P. 285–304.

25. *Wangensteen O.D.* Respiratory gas exchange by the avian embryo / O.D. Wangensteen, H. Rahn // Respir. Physiol. – 1971. – V. 11. – P. 31–45.

26. *Wijnen H.J.* Effects of incubation temperature pattern on broiler performance / H.J. Wijnen, R. Molenaar I.A.M. van Roovert-Reijrink [et al.] // Poultry Science. – 2020. – V. 99. – P. 3897–3907.

## THE IMPACT OF VARIABLE INCUBATION TEMPERATURE ON THE GROWTH AND METABOLISM OF EGG CROSS CHICKEN EMBRYOS AND THE DEVELOPMENT OF THEIR VISCERAL ORGANS

M.I. CHELNOKOVA, A.A. CHELNOKOV, YU.V. ARZHANKOVA

(State Agricultural Academy of Velikie Luki)

*The article discusses issues related to the impact of variable incubation temperature (37.8°C – from the 1st to the 14th day; 39.5°C, two hours daily, in the 15th-17th days; 37.5°C – 18th day; 37.0°C – 19th-21st day; relative humidity is 57.0%) on the growth and metabolic rates of the Hysex Brown and Lohmann Brown crosses chicken embryos as well as on the development of their visceral organs and the incubation effectiveness itself. Currently, most of the research is devoted to studying the influence of variable egg incubation temperatures while using one cross of chickens and comparison with the standard incubation mode. A necessary condition for the balanced development of productive bird embryos is the acquisition of knowledge about their morphophysiological parameters and metabolic needs, based on which it is possible to adjust regimes of artificial egg incubation. The research results have shown that the developed and tested incubation regime with variable temperatures is most effective for hen eggs of the Lohmann Brown cross compared to the Hysex Brown cross. This positive effect was expressed in a more intensive growth of chicken embryos and the development of some visceral organs (gizzard stomach, spleen), as well as in the most pronounced rate of gas exchange ($CO_2$), the highest energy value of embryos and the lowest total energy consumption for growth and metabolism in the period from 4 days of incubation to the hatching time. Differentiation of the temperature regime during embryogenesis has a positive effect on incubation results. The percentage of withdrawal of the Lohmann Brown cross young chickens is 4% higher than that of the Hysex Brown cross due to decreased embryonic mortality and decreased number of frozen embryos and suffocated chickens. This kind of research, in our opinion, is an auspicious one, and it is necessary to adjust the existing incubation regimes of hen eggs in various production areas.*

***Key words:*** *chicken embryos, Hysex Brown cross, Lohmann Brown cross, embryogenesis, metabolism, heart, liver, gizzard stomach, spleen, variable incubation temperature.*

### References

1. *Artemov D.V.* Vliyanie termokontrastnykh rezhimov inkubatsii yaits na embrional'noe razvitie i produktivnost' ptitsy [The influence of thermocontrast egg incubation

modes on the embryonic development and productivity of poultry]. Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2014; 1: 5–20. (In Rus.)

2. *Bolotnikov A.M., Shurakov A.I., Kamenskiy Yu.N., Dobrinskiy L.N.* Ekologiya rannego ontogeneza ptits [Ecology of early bird ontogenesis]. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR. 1985: 228. (In Rus.)

3. *Bur'yan M.* Kazhdyy noviy kross – eto izmeneniya v tekhnologii inkubatsii [Each new cross is a change in incubation technology]. Ptitsevodstvo. 2005; 4: 46–47. (In Rus.)

4. *Golubtsova V.A., Suleymanov F.I., Ibragimov M.E.* Vliyanie faktorov vneshney sredy na rost i razvitie embrionov kur [The influence of environmental factors on the growth and development of chicken embryos]. Ptitsa i ptisteprodukty. 2008; 1: 21–22. (In Rus.)

5. *Epimakhova E.E., Gorbacheva A.A.* Sravnenie embriogeneza kur krossov "Dominant CZ" [Comparison of embryogenesis of chicken crosses "Dominant CZ"]. Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati V.Ya. Gorina, "Dostizheniya i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva" (28 marta 2019 goda). p. Mayskiy: Izdatel'stvo FGBOU VO Belgorodskiy GAU. 2019: 26–29. (In Rus.)

6. *Zabudskiy Yu.I., Kiselev L.Yu., Delyan A.S. et al.* Termotolerantnost' sel'skokhozyaystvennoy ptitsy (obzor) [Thermaltolerance of poultry (review)]. Problemy produktivnykh zhivotnykh. 2012; 1: 5–16. (In Rus.)

7. *Mina M.V., Klevezal', G.A.* Rost zhivotnykh [Animal growth]. Moscow: Nauka. 1976: 291. (In Rus.)

8. *Otrygan'ev G.K., Otrygan'eva A.F.* Tekhnologiya inkubatsii [Incubation technology]. Moscow: Rosagropromizdat. 1989: 189. (In Rus.)

9. *Polovintseva T.M., Suleymanov F.I.* Razvitie kostey tazovoy konechnosti embrionov kur pri izmenenii temperaturno-vlazhnostnogo rezhima [Development of pelvic limb bones of chicken embryos with changes in temperature and humidity conditions]. Ontogenez. 2008; 3 (39): 227–230. (In Rus.)

10. *Rud', A.* Termokontrastniy rezhim inkubatsii yaits [Thermocontrast mode of egg incubation]. Ptitsevodstvo. 2004; 4: 21–23. (In Rus.)

11. *Soldatova I.B.* Razvitie i metabolizm zarodyshey kuritsy v embriogeneze pri zvukovoy stimulyatsii [Development and metabolism of chicken embryos in embryogenesis with sound stimulation]. Ontogenez. 2011; 42 (4): 300–306. (In Rus.)

12. *Chelnokova M.I., Shutenkov A.G., Suleymanov F.I.* Vozdeystvie temperaturnykh rezhimov i BAV na embrional'noe razvitie kur [The effect of temperature conditions and biologically active substances on the embryonic development of chickens]. Ptitsevodstvo. 2011; 5: 11–12. (In Rus.)

13. *Shcherbatov V.I., Edygova S.B., Tsesarskaya E.N.* Differentsirovanniy rezhim inkubatsii kurinykh yaits [Differentiated mode of incubation of chicken eggs]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011; 30: 181–184. (In Rus.)

14. *Badran A.M., Desoky A., Abou-Eita E.M. et al.* Epigenetic thermal adaptation of chickens during late embryonic development. Egyptian Poultry Science Journal. 2012; 32: 675–689.

15. *Bednarczyk M., Dunislawska A., Stadnicka K. et al.* Chicken embryo as a model in epigenetic research. Poultry Science. 2021; 100: 101–164.

16. *Chelnokova M.I.* Differential Incubation Temperature Effects on Growth of Hisex Brown Chick Embryos and Development of Their Visceral Organs. Russian Agricultural Sciences. 2021; 47 (4): 418–424.

17. *Decuypere E., Bruggeman V.* The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. Poultry Science. 2007; 86: 1037–1042.

18. *Elsayed N.A.M., Elkomy A.E., El-Saadany A.S. et al.* New Suggested Schemes for incubation Temperature and Their Effect on Embryonic Development and Hatching. Power Asian Journal of Poultry Science. 2009; 3 (1): 19–29.

19. *Leksrisompong N., Romero-Sanchez H., Plumstead P.W. et al.* Broiler Incubation. 1. Effect of Elevated Temperature During Late Incubation on Body Weight and Organs of Chicks. Poultry Science. 2007; 86: 2685–2691.

20. *Maatjens C.M., van Roovert-Reijrink I.A.M., Engel B. et al.* Temperature during the last week of incubation. I. Effects on hatching pattern and broiler chicken embryonic organ development. Poultry Science. 2016; 95: 956–965.

21. *Ozaydın T., Celik I.* Effects of High Incubation Temperature on the Body Weight and Yolk Consumption of Two Commercial Broiler Strain. Acta Scientiae Veterinariae. 2014; 42: 1253.

22. *Piestun Y., Shinder D., Ruzal M. et al.* The effect of thermal manipulation during the development of the thyroid and adrenal axes on in-hatch and post-hatch thermoregulation. J. Therm. Biol. 2008; 33: 413–418.

23. *Tona K., Agbo K., Kamers B. et al.* Comparison of Lohmann White and Lohmann Brown Strains in Embryo Physiology. Int. J. Poult. Sci. 2010; 9 (9): 907–910.

24. *Vleck C.M., Hoyt D.F.* Metabolism and energetics of reptilian and avian embryos. Deeming C.D., *Ferguson M.W.* (red) Egg incubation: its effects on embryonic development in birds and reptiles. Cambridge University Press. 2004: 285–304.

25. *Wangensteen O.D., Rahn H.* Respiratory gas exchange by the avian embryo. Respir. Physiol. 1971; 11: 31–45.

26. *Wijnen H.J., Molenaar R., van Roovert-Reijrink I.A.M. et al.* Effects of incubation temperature pattern on broiler performance. Poultry Science. 2020; 99: 3897–3907.

**Челнокова Марина Игоревна,** канд. биол. наук, заведующий кафедрой ветеринарии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия» (182112, Российская Федерация, Псковская обл., г. Великие Луки, просп. Ленина, 2; тел.: (81153) 7–52–82; e-mail: marinachelnokova@yandex.ru).

**Челноков Андрей Алексеевич,** профессор кафедры зоотехнии и технологии переработки продукции животноводства, д-р биол. наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия» (182112, Российская Федерация, Псковская обл., г. Великие Луки, просп. Ленина, 2; тел.: (81153) 7–52–82; e-mail: and-chelnokov@yandex.ru).

**Аржанкова Юлия Владимировна,** профессор кафедры зоотехнии и технологии переработки продукции животноводства, д-р биол. наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия» (182112, Российская Федерация, Псковская обл., г. Великие Луки, просп. Ленина, 2; тел.: (81153) 7–52–82; e-mail: vgsha@mart.ru).

**Marina I. Chelnokova,** PhD (Bio), Head of the Department of Veterinary Medicine, State Agricultural Academy of Velikie Luki (2 prosp. Lenina, Pskovskaya region, Velikie Luki (182112, Russian Federation; phone: (81153) 7–52–82; E-mail: marinachelnokova@yandex.ru).

**Andrey A. Chelnokov,** DSc (Bio), Associate Professor, Professor of the Department of Animal Husbandry and Processing Technology, State Agricultural Academy of Velikie Luki (2 prosp. Lenina, Pskovskaya region, Velikie Luki (182112, Russian Federation; phone: (81153) 7–52–82; E-mail: and-chelnokov@yandex.ru).

**Yulia V. Arzhankova,** DSc (Bio), Associate Professor, Professor of the Department of Animal Husbandry and Processing Technology, State Agricultural Academy of Velikie Luki (2 prosp. Lenina, Pskovskaya region, Velikie Luki (182112, Russian Federation; phone: (81153) 7–52–82; E-mail: vgsha@mart.ru).