

## ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ АЛЛОМЕТРИЯ РОСТА И ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ЭМБРИОНОВ КУР ЯИЧНЫХ КРОССОВ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ИНКУБАЦИИ

Челнокова М.И., Сулейманов Ф.И., Челноков А.А.

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Великие Луки, Российская Федерация

В работе исследовалось влияние переменной температуры инкубации на аллометрический рост длины тела, массы висцеральных органов (сердце, мышечный желудок, печень, селезенка) от массы тела куриных эмбрионов двух яичных кроссов. Аллометрический (относительный) рост оценивали с помощью формулы простой аллометрии:  $y = ax^b$ . Выявлено, что аллометрический рост тела в длину по отношению к его массе у эмбрионов яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации характеризуется отрицательной аллометрией, а в определенные дни – изометрией, т.е. пропорциональностью в развитии, причем она наступает раньше у эмбрионов кур кросса «Ломанн Браун», что указывает на раннее формообразование их тела по сравнению с кроссом «Хайсекс Браун». Общей чертой для эмбрионов яичных кроссов является прямая (положительная) корреляционная зависимость аллометрического коэффициента регрессии и отрицательная (обратная) зависимость в длине тела и массе внутренних органов. В условиях переменных температур различия в аллометрии роста висцеральных органов эмбрионов яичных кроссов проявлялись в более интенсивном их росте в определенные периоды эмбриогенеза. У эмбрионов кур кросса «Ломанн Браун» наибольшая интенсивность относительного роста сердца, мышечного желудка, печени, селезенки выявлена в предплодный период, селезенки – в плодный период. У эмбрионов кур кросса «Хайсекс Браун» наибольшая интенсивность относительного роста сердца, мышечного желудка, печени выражена в плодном периоде и в период вылупления. **Ключевые слова:** длина тела, масса тела, сердце, мышечный желудок, печень, селезенка, аллометрия, куриный эмбрион, температура инкубации, эмбриогенез.

## ONTOGENETIC ALLOMETRY OF GROWTH AND VISCERAL ORGANS OF CHICKEN EGG CROSS EMBRYOS IN EMBRYOGENESIS AT VARIABLE INCUBATION TEMPERATURES

Chelnokova M.I., Suleymanov F.I., Chelnokov A.A.

Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation

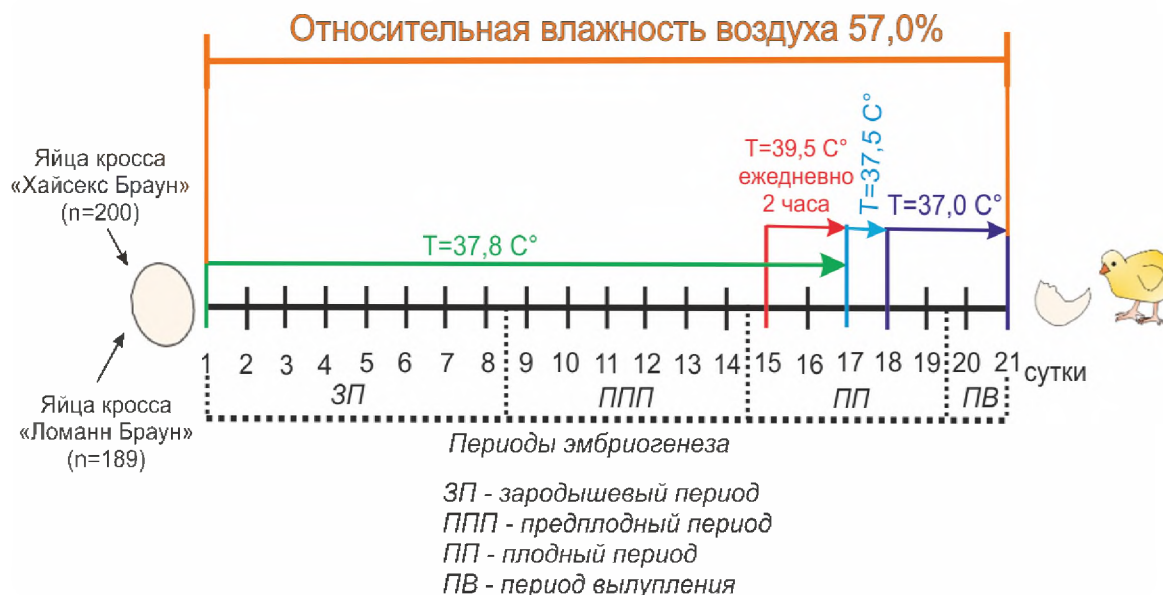
The influence of variable incubation temperature on the allometric growth of body length, visceral organ mass (heart, muscular stomach, liver, spleen) from the body weight of chicken embryos of two egg crosses was studied. Allometric (relative) growth was estimated using the formula of simple allometry:  $y = ax^b$ . It was revealed that the allometric growth of the body in length relative to its mass in egg cross embryos in different periods of embryogenesis at variable incubation temperatures is characterized by negative allometry, and on certain days by isometry, i.e. proportionality in development, and it occurs earlier in the embryos of the Lohmann Brown cross, which indicates an early formation of their body compared to the Hisex Brown cross. A common feature for egg cross embryos is a direct (positive) correlation dependence of the allometric regression coefficient and a negative (inverse) dependence in body length and mass of internal organs. Under conditions of variable temperatures, differences in the allometry of the growth of visceral organs of egg cross embryos were manifested in their more intensive growth during certain periods of embryogenesis. In the embryos of the Lohmann Brown cross, the highest intensity of relative growth of the heart, muscular stomach, liver, and spleen was detected in the pre-fetal period, and the spleen in the fetal period. In Hisex Brown cross embryos, the highest intensity of relative growth of the heart, muscular stomach, and liver is expressed in the fetal period and the hatching period. **Keywords:** body length, body weight, heart, muscular stomach, liver, spleen, allometry, chicken embryo, incubation temperature, embryogenesis.

**Введение.** Температура является одним из наиболее важных эпигенетических факторов, влияющих на эмбриогенез продуктивной птицы, о чем свидетельствуют многочисленные сведения в литературе [1-3]. Принимая во внимание, что при естественном насиживании яиц домашних птиц рода *Gallus gallus* температура может колебаться в широком диапазоне от 30 до 40 °C [5], особое внимание следует уделять возможному сочетанию влияния низких и высоких температур при искусственной инкубации [2, 3].

Актуальной проблемой роста и развития в целом является исследование аллометрии (относительного роста). Первое обоснование данного метода представлено в работе Дж. Гексли, отметившего наличие достаточно строгой степенной зависимости между размерами отдельного органа или части тела ( $y$ ) и организма в целом ( $x$ ):  $y = ax^b$  [4]. Аллометрических данных о росте эмбрионов и висцеральных органов продуктивных птиц в разные периоды эмбриогенеза нами не обнаружено. Результаты изучения аллометрических зависимостей в птицеводстве свидетельствуют, что они преимущественно дают оценку качественных изменений в процессе роста и развития птицы в постнатальном онтогенезе, в частности, скорости формирования отдельных частей тела, скелета, мышечной и жировой ткани, кожи, органов пищеводно-желудочного отдела [5-8]. В отличие от млекопитающих, куриные эмбрионы редко служили объектом подобных исследований [9-11]. Данных об онтогенетической аллометрии роста и висцеральных органов эмбрионов кур яичных кроссов в эмбриогенезе при переменных температурах инкубации нами не обнаружено.

**Материалы и методы исследований.** Эксперименты проведены в научно-исследовательской лаборатории кафедры ветеринарии 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 (поселок Ермаково Рыбинского района) соответственно. Выбор инкубационных яиц объясняется тем, что в настоящее время наблюдается спрос на птицу и инкубационное яйцо [12, 13] и данные кроссы отличаются преимуществом селекционных признаков от других современных кроссов: низкое потребление корма, отличные качества скорлупы, что имеет важное значение для промышленной технологии производства пищевых яиц [14].

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 –  $58,45 \pm 4,14$  г) проводили по разработанному и апробированному нами режиму инкубации с переменными температурами [3] в инкубаторе ИЛБ-0,5 (Волгасельмаш, Россия), а кросса «Ломанн Браун» ( $n=189$ ; средняя масса яиц –  $58,81 \pm 4,03$  г) при том же режиме – в инкубаторе «Несушка» (Серия «Фермер», ООО «ЗЭБТ», Россия). Режим инкубации яиц с переменными температурами предусматривал поддержание температуры с 1-х по 14-е сутки на уровне  $37,8 \pm 0,10$  °С, с 15-х по 17-е сутки – ее повышение до  $39,5 \pm 0,10$  °С в течение двух часов ежедневно, на 18-е сутки – уменьшение до  $37,5 \pm 0,10$  °С, с 19-х суток по 21-е сутки – до  $37,0 \pm 0,10$  °С. Относительная влажность воздуха составляла 57,0% (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Схематическое описание режима с переменными температурами инкубации яиц кроссов кур яичного направления продуктивности**

Инкубированные яйца ( $n=9$ ) 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-х по 20-е сутки, массы сердца, мышечного желудка, печени – с 9-х по 20-е сутки, а селезенки – с 13-х по 20-е сутки инкубации. Массу тела эмбрионов, отдельных висцеральных органов определяли на аналитических весах Сартотосм ЛВ 210-А (Россия). Длину тела эмбрионов измеряли от верхушки черепа до конца хвоста с помощью электронного штангенциркуля Finch Industrial Tools 19856 (Canada Inc.).

Для описания морфометрических показателей роста эмбрионов «Хайсекс Браун» и «Ломанн Браун» мы учитывали периодизацию эмбриогенеза кур, предложенную В.И. Фисининым с соавторами [15], включающую в себя зародышевый, предплодный, плодный периоды и период вылупления.

Исследование аллометрии (относительного роста) роста и висцеральных органов эмбрионов кур проводилось по методике J. Nuxley [4] с помощью формулы простой аллометрии (1):

$$y = ax^b, \quad (1)$$

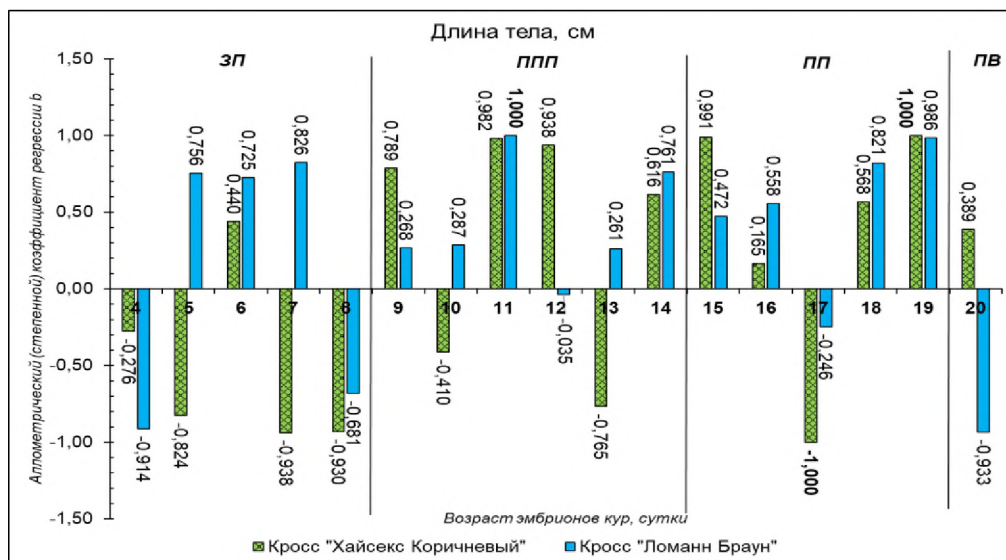
где  $x$  – масса тела эмбриона (г),  $y$  – длина тела (см) (масса органа, г) эмбриона;  $a$  – константа начального роста эмбриона,  $b$  – аллометрический и степенной коэффициент регрессии, показыва-

ющий, во сколько раз быстрее ( $b > 1$  – положительная аллометрия) или медленнее ( $b < 1$  – отрицательная аллометрия) растет эмбрион в длину или его орган относительно массы всего организма (при  $b = 1$  рост происходит изометрично).

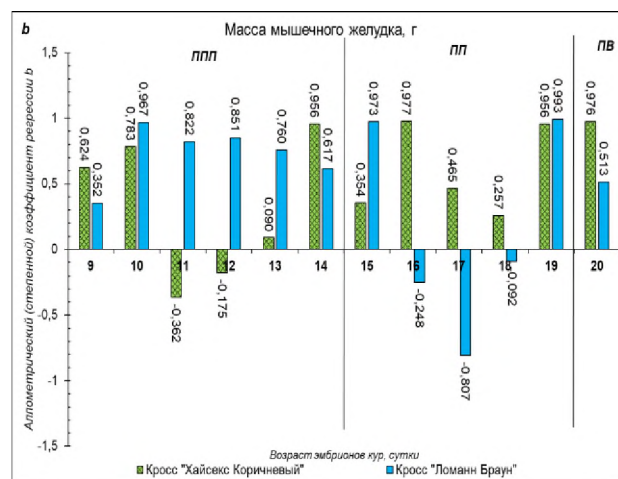
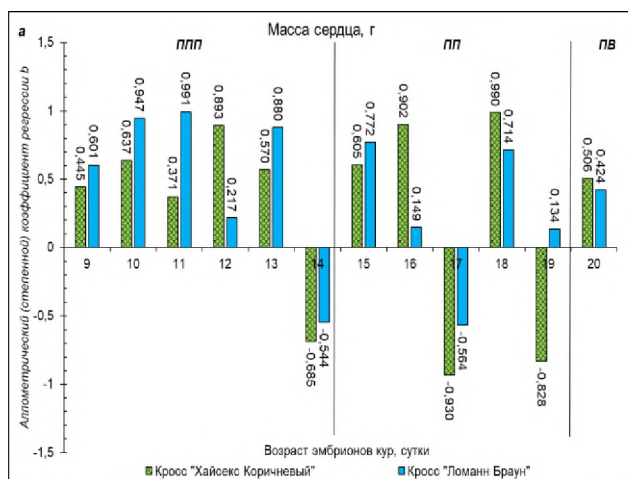
С помощью регрессионного анализа Multiple Regression Analysis (Statistica 10.0, Statsoft Inc, USA, 2010) определяли коэффициент регрессии ( $b$ ), свободный член ( $a$ ) аллометрических уравнений, детерминированный коэффициент ( $R^2$ ), значимость связи между исследуемыми признаками ( $P_{F\text{-тест}}$ ).

**Результаты исследований.** Рассматривая изменения характера аллометрии длины тела, массы висцеральных органов (сердца, мышечного желудка, печени, селезенки) от массы тела эмбрионов яичных кроссов, следует констатировать ее особенности. Для аллометрического роста длины тела и массы висцеральных органов по отношению к массе тела в эмбриогенезе яичных кроссов при переменных температурах инкубации характерна отрицательная аллометрия (рисунки 2, 3а-d). Общей чертой для эмбрионов яичных кроссов является прямая (положительная) корреляционная зависимость аллометрического коэффициента регрессии ( $b$ ) и отрицательная (обратная) зависимость. Обращает на себя внимание то, что аллометрический рост длины тела и висцеральных органов эмбрионов кур обоих кроссов в определенные дни и периоды эмбриогенеза происходит неравномерно, отличается у них разными периодами подъема и снижения по отношению к весу тела (рисунки 2, 3 а-d).

В зародышевый период коэффициент детерминации ( $R^2$ ) видоизменялся для эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» от 0,076 до 0,886 и для кросса «Ломанн Браун» – от 0,282 до 0,834. Это указывает на то, что под воздействием переменных температур с 4-х по 8-е сутки эмбрионы кросса «Ломанн Браун» ( $R^2 = 0,843$ ) в длину растут интенсивнее в сравнении с эмбрионами кросса «Хайсекс Браун» ( $R^2 = 0,732$ ) (таблица 1).



ЗП – Зародышевый период, ППП – Предплодный период, ПП – Плодный период, ПВ – Период вылупления  
**Рисунок 2 – Различия в аллометрии относительной скорости роста длины тела (см) от массы тела (г) эмбрионов кур яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации: § - изометрический рост**



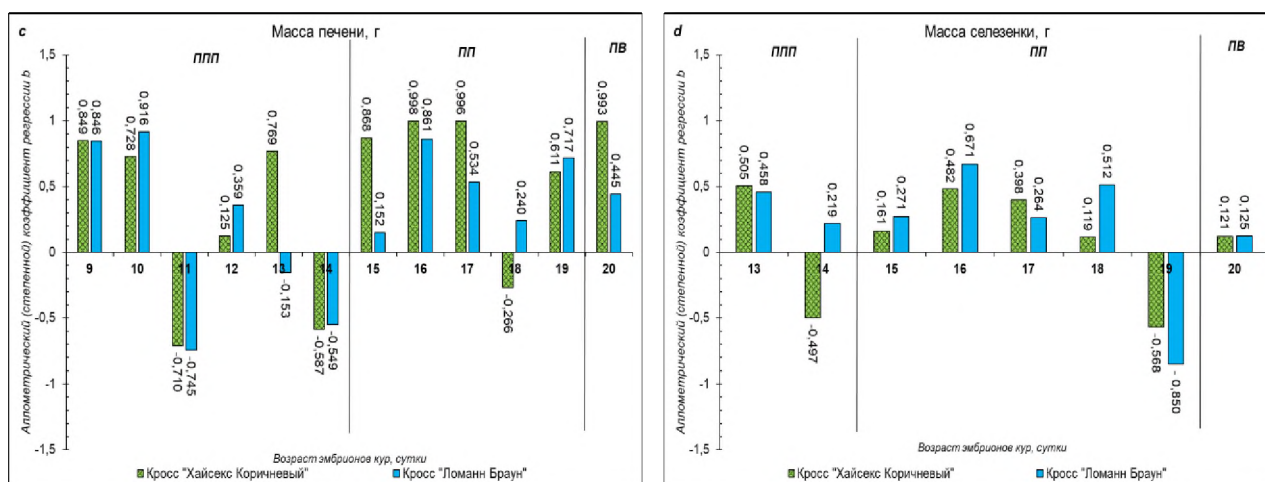


Рисунок 3 – Различия в аллометрии относительного роста висцеральных органов (г) от массы тела (г) эмбрионов кур яичных кроссов в разные периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации

Таблица 1 – Изменение характера аллометрии длины тела (см) от массы тела (г) эмбрионов кур яичных кроссов за периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации

Период развития	Коэффициенты		R <sup>2</sup>	P <sub>F-тест</sub>
	a	b		
<i>Кросс «Хайсекс Браун»</i>				
ЗП 4-8 сут.	1,658±0,062	0,855±0,078	0,732	0,000
ППП 9-14 сут.	3,655±0,111	0,910±0,057	0,829	0,000
ПП 15-19 сут.	5,229±0,169	0,934±0,054	0,873	0,000
ПВ 20 сут.	6,873±2,827	0,389±0,348	0,151	0,300
<i>Кросс «Ломанн Браун»</i>				
ЗП 4-8 сут.	1,528±0,066	0,918±0,060	0,843	0,000
ППП 9-14 сут.	3,538±0,084	0,962±0,038	0,924	0,000
ПП 15-19 сут.	6,419±0,175	0,874±0,074	0,762	0,000
ПВ 20 сут.	12,613±0,391	0,933±0,135	0,871	0,000

Примечания: ЗП – Зародышевый период, ППП – Предплодный период, ПП – Плодный период, ПВ – Период вылупления; P<sub>F-тест</sub> – достоверность различий в показателях длины тела от массы тела эмбрионов при уровне значимости P<0,05 (One-way Anova с post-hoc анализом Fisher LSD).

Наиболее интенсивный рост длины тела наблюдается у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» в предплодный период развития (рисунок 2), что указывает на раннее формообразование их тела. Коэффициент детерминации аллометрической зависимости длины тела от массы тела эмбрионов кросса «Ломанн Браун» за данный период развития достаточно выше (R<sup>2</sup>=0,924), чем у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» (R<sup>2</sup>=0,829; таблица 1). На 11-е сутки у эмбрионов кур «Ломанн Браун» отмечался пропорциональный (изометрический) рост длины и массы их тела (b=1,000; рисунок 2). Проведенное нами изучение особенностей роста и развития эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» при стабильной температуре инкубации показало, что пропорциональный (изометрический) рост длины и массы их тела проявляется позже на 14-е сутки развития [9]. Сопоставление этих данных доказывает, что на возрастные изменения изометрического роста куриных эмбрионов влияет не только морфогенетический потенциал, но и температурные условия инкубации.

В плодный период интенсивный аллометрический рост длины тела характерен эмбрионам кросса «Хайсекс Браун», проявляющийся периодами изометрического роста на 17-е (b=-1,000) и 19-е (b=1,000) сутки развития. За данный период развития у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» коэффициент детерминации аллометрической зависимости значительно больше (R<sup>2</sup>=0,873), чем у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» (R<sup>2</sup>=0,762; таблица 1).

К периоду вылупления скорость относительного (аллометрического) роста длины тела значительно больше у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» (рисунок 2; таблица 1). Коэффициент детерминации для эмбрионов кросса «Ломанн Браун» составил 0,871, а для эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» – 0,151.

Рассматривая аллометрию относительного роста висцеральных органов от массы тела эмбрионов яичных кроссов в сравнительном аспекте выявили, что сердце эмбрионов кросса «Ломанн Браун» интенсивнее растёт в предплодный период развития на 9-е, 10-е, 11-е, 13-е сутки (b=0,601-

0,991; рисунок 3а), коэффициент детерминации за весь предплодный период составил  $R^2=0,956$  (таблица 2). У эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» наибольшая интенсивность роста сердца наблюдается в плодный период – на 16-е, 17-е, 18-е, 19-е сутки ( $b=-0,828-0,990$ ;  $R^2$  за весь период 0,938) и период вылупления на 20-е сутки ( $b=0,506$ ;  $R^2$  за весь период 0,256).

Аллометрия скорости роста мышечного желудка у эмбрионов кур яичных кроссов протекает с различной интенсивностью (рисунок 3б, таблица 2). В предплодный период мышечный желудок интенсивнее растет у эмбрионов кросса «Ломанн Браун» на 10-е, 11-е, 12-е, 13-е сутки развития ( $b=0,760-0,967$ ;  $R^2$  за весь период 0,966), в плодный период – у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» на 16-е, 18-е сутки ( $b=0,257-0,977$ ;  $R^2$  за весь период 0,962) и в период вылупления на 20-е сутки ( $b=0,976$ ;  $R^2$  за весь период 0,954).

Различная интенсивность аллометрии относительного роста у эмбрионов яичных кроссов отмечалась в развитии печени (рисунок 3с, таблица 2). Печень эмбрионов кросса «Ломанн Браун» интенсивнее растет в предплодный период развития на 10-е, 11-е, 12-е сутки ( $b=-0,745-0,916$ ;  $R^2$  за весь период 0,954). У эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» наибольшая интенсивность роста печени отмечается в плодный период – на 15-е, 16-е, 17-е, 18-е сутки ( $b=-0,266-0,998$ ;  $R^2$  за весь период 0,964) и в период вылупления на 20-е сутки ( $b=0,993$ ;  $R^2$  за весь период 0,987).

Таблица 2 – Изменение характера аллометрии массы висцеральных органов (г) от массы тела (г) эмбрионов кур яичных кроссов за периоды эмбриогенеза при переменных температурах инкубации

Период развития	Орган	Кросс «Хайсекс Браун»				Кросс «Ломанн Браун»			
		Коэффициенты		R <sup>2</sup>	P <sub>F-тест</sub>	Коэффициенты		R <sup>2</sup>	P <sub>F-тест</sub>
		a	b			a	b		
ППП 9-14 сут.	Сердце	0.002±0.001	0.976±0.032	0.953	<b>0.000</b>	-0.009±0.001	0.978±0.028	0.956	<b>0.000</b>
	Мышечный желудок	-0.024±0.004	0.969±0.037	0.938	<b>0.000</b>	-0.056±0.005	0.983±0.025	0.966	<b>0.000</b>
	Печень	-0.020±0.003	0.974±0.033	0.950	<b>0.000</b>	-0.007±0.004	0.977±0.029	0.954	<b>0.000</b>
13-14 сут.	Селезенка	-0.028±0.002	0.697±0.253	0.486	<b>0.025</b>	-0.001±0.001	0.837±0.136	0.701	<b>0.000</b>
ПП 15-19 сут.	Сердце	0.002±0.007	0.967±0.038	0.938	<b>0.000</b>	0.055±0.006	0.941±0.047	0.885	<b>0.000</b>
	Мышечный желудок	-0.149±0.028	0.980±0.029	0.962	<b>0.000</b>	-0.273±0.047	0.972±0.032	0.944	<b>0.000</b>
	Печень	-0.088±0.020	0.982±0.029	0.964	<b>0.000</b>	0.112±0.018	0.954±0.041	0.911	<b>0.000</b>
	Селезенка	0.008±0.001	0.506±0.130	0.256	<b>0.000</b>	0.006±0.001	0.670±0.103	0.449	<b>0.000</b>
ПВ 20 сут.	Сердце	0.016±0.200	0.506±0.326	0.256	<b>0.000</b>	0.083±0.125	0.427±0.319	0.182	0.218
	Мышечный желудок	-1.693±0.241	0.976±0.080	0.954	<b>0.000</b>	0.639±0.683	0.513±0.303	0.263	0.129
	Печень	-0.924±0.081	0.993±0.043	0.987	<b>0.000</b>	0.195±0.386	0.445±0.316	0.198	0.196
	Селезенка	0.006±0.002	0.121±0.375	0.015	0.755	0.006±0.034	0.125±0.350	0.015	0.693

Примечание: P<sub>F-тест</sub> – достоверность различий в показателях массы органа от массы тела эмбрионов при уровне значимости P<0,05 (One-way Anova с post-hoc анализом Fisher LSD).



Для эмбрионов кросса «Ломанн Браун» характерна наибольшая интенсивность относительно роста селезенки в предплодный период ( $R^2=0,701$ ) и плодный период ( $R^2=0,449$ ; таблица 2). Однако анализ суточной динамики аллометрического степенного коэффициента показал, что в предплодный период селезенка развивается интенсивнее у эмбрионов кросса «Хайсекс Браун» на 13-е, 14-е сутки ( $b=-0,497-0,505$ ), хотя регрессионный анализ выявил, что за весь этот период – у эмбрионов кур «Ломанн Браун» ( $R^2=0,701$ ). Период вылупления для обоих кроссов характерен сходным аллометрическим ростом данного органа ( $R^2=0,015$ ,  $R^2=0,015$ ; таблица 2).

При этом в известной нам научной литературе не обнаружено данных о влиянии температурных режимов инкубации на аллометрический рост куриных эмбрионов и их органов, что свидетельствует об актуальности таких исследований. Имеются только данные о наличии задержки роста и аллометрии сердца, печени, головного мозга у эмбрионов «Красных джунглевых кур», яичного кросса «Белый Леггорн» и мясного кросса «Росс 308» при разной чувствительности к гипоксии во время инкубации [10]. Межпородные морфологические различия в аллометрии признаков (длина тела, длина нижней и верхней челюстей, длина крыла, размер глаз) куриных эмбрионов при стандартной температуре инкубации установлены в недавних исследованиях зарубежных авторов [11]. Авторами выявлено, что на 19-й день эмбриогенеза более интенсивный рост длины тела характерен эмбрионам бройлеров «Хаббард», чем эмбрионам «Красных джунглевых кур» и «Белый Леггорн». У эмбрионов кур «Белый Леггорн» наблюдалось снижение аллометрического роста нижней челюсти (подклювья) относительно длины тела по сравнению с эмбрионами «Красных джунглевых кур» и бройлеров «Хаббард». Напротив, верхняя челюсть (надклювье) у эмбрионов «Белый Леггорн» была пропорционально больше по сравнению с эмбрионами «Красных джунглевых кур». Относительный рост длины крыла по отношению к длине тела меньше у эмбрионов «Хаббард» по сравнению с эмбрионами «Красных джунглевых кур» и «Белый Леггорн». Различия в аллометрическом росте глаз не были статистически значимыми между изучаемыми группами эмбрионов птиц [11].

**Заключение.** Полученные нами данные о росте и онтогенетической аллометрии висцеральных органов эмбрионов кур яичных кроссов в эмбриогенезе при переменных температурах инкубации можно использовать при разработке способов повышения скорости роста и стимуляции развития куриных эмбрионов, а также в дальнейшем изучении закономерностей роста висцеральных органов куриных эмбрионов на фоне эпигенетических факторов инкубации. Методологический подход оценки аллометрических показателей роста эмбрионов кур можно использовать не только для изучения закономерностей роста куриных эмбрионов гибридных линий, кроссов и пород на фоне эпигенетических факторов инкубации, но и для выбора разведения наиболее перспективных кроссов кур на птицеводческих предприятиях.

**Литература.** 1. Hatching phase influences thermal preference of broilers throughout rearing / J. B. Matos Júnior, T. I. Vicentini, A. R. Almeida [et al.] // PLoS ONE. – 2020. – V. 15 (7). – P. e0235600. 2. Embryonic Thermal Manipulation Affects Ventilation, Metabolism, Thermal Control and Central Dopamine in Newly Hatched and Juvenile Chicks / A. C. G. Rocha, C. Cristina-Silva, C. L. Taxini [et al.] // Front. Physiol. – 2021. – <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.699142>. 3. 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. 4. Huxley, J. Problems of relative growth / J. Huxley. – London, 1932. – 276 p. 5. Рост и онтогенетические изменения количественных показателей мышц кур породы Корниш / В. П. Панов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2. – С. 45-56. 6. Просекова, Е. А. Рост органов соматической и висцеральной систем бройлеров в начале постнатального онтогенеза при использовании фарматана / Е. А. Просекова, В. П. Панов, А. С. Комарчев, А. А. Серякова // Доклады ТСХА : сборник научных трудов. – 2020. – С. 491-494. 7. Allometric growth of different traits in heavy ecotype of nigerian local chicken / I. J. Ohagenyi, N. S. Machebe, K. I. Ogbu [et al.] // I. J. S. N. – 2012. – V. 3 (3). – P. 642-645. 8. Growth Performance Analysis of Two Italian Slow-Growing Chicken Breeds: Bianca di Saluzzo and Bionda Piemontese / D. Soglia, S. Sartore, S. Maione [et al.] // Animals. – 2020. – V. 10 (6). – P. 969. 9. 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. 10. Lindgren, I. Sensitivity of organ growth to chronically low oxygen levels during incubation in red jungle fowl and domesticated chicken breeds / I. Lindgren, J. Altimiras // Poult. Sci. – 2011. – Vol. 90. – P. 126-135. 11. Shifts in growth, but not differentiation, foreshadow the formation of exaggerated forms under chicken domestication / D. Nunez-Leon, G. A. Cordero, X. Schindwein [et al.] // Proc Biol Sci. – 2021. – V. 30. – P. 288. 12. Гальперн, И. Л. Селекционно-генетические методы и программы выведения новых линий и создания конкурентоспособных кроссов яичных и мясных кур / И. Л. Гальперн [и др.]. – Санкт-Петербург, 2010. – 164 с. 13. Федорова, Е. С. Современное состояние и проблемы племенного птицеводства в России (обзор) / Е. С. Федорова, О. И. Станишевская, Н. В. Дементьева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 3. – Т. 21. – С. 217-232. 14. Кучер, Е. А. Математическое моделирование динамики роста и продуктивности кур кроссов «Хайсекс браун» и «Ломанн браун» / Е. А. Кучер, М. В. Пасечник // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – № 4/2 (30). – С. 38-44. 15. Технология инкубации яиц сельскохозяйственной птицы / В. И. Фисинин, Л. Ф. Дядичкина, Ю.С. Голдин [и др.]; под. общ. ред. академика РАН В. И. Фисинина. – Сергиев Посад, 2016. – 64 с.

Поступила в редакцию 14.02.2022.