

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 636.52/.58.082.2:636.52/.58.064.6

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-2-151-161>

Поступила в редакцию 30.06.2022

Received 30.06.2022

А. В. Макарова, А. Б. Вахрамеев, З. Л. Федорова

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ), Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация

ДИНАМИКА РОСТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСТЕРЬЕРА И ИНТЕРЬЕРА В ОНТОГЕНЕЗЕ У КУР ГЕНОФОНДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ И БРОЙЛЕРОВ

Аннотация. Изучены закономерности интенсивности роста мышц и костей скелета по отношению к росту живой массы у цыплят комбинированного типа продуктивности и бройлеров. Объектом исследования послужили цыплята мясо-яичных популяций: опытная золотисто-полосатая (ЗП), пушкинская из биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ и бройлеры кросса Росс 308. Рассчитаны абсолютные значения живой массы, массы мышц, длины и толщины костей скелета в разные возрастные периоды. Исследования показали, что наиболее высокой скоростью роста обладает масса грудных и ножных мышц во всех исследуемых группах. Скорость роста показателей экстерьера и интерьера с возрастом снижается неравномерно, особенно у цыплят-бройлеров. Изучена интенсивность роста мышц и костей скелета относительно роста живой массы с помощью аллометрического уравнения. Установлено, что рост грудных и ножных мышц у всех групп цыплят в период до 10 недель жизни опережает рост организма в целом. Рост костей скелета характеризуется отрицательной аллометрией. Знание закономерностей роста и развития организма птиц и отдельных его частей позволяют корректировать рацион кормления в зависимости от периода роста, отслеживать правильность развития и отклонения от нормы, а также выбирать наиболее информативные периоды для отбора племенной птицы.

Ключевые слова: куры, селекция, породы, биоресурсные коллекции, мясные качества, интерьер, аллометрия, рост, развитие, возраст

Для цитирования: Макарова, А. В. Динамика роста показателей экстерьера и интерьера в онтогенезе у кур генофондных популяций и бройлеров / А. В. Макарова, А. Б. Вахрамеев, З. Л. Федорова // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2023. – Т. 61, № 2. – С. 151–161. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-2-151-161>

Aleksandra V. Makarova, Anatoly B. Vakhrameev, Zoya L. Fedorova

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Saint Petersburg – Pushkin, Russian Federation

DYNAMICS OF THE GROWTH OF EXTERIOR AND INTERIOR INDICATORS IN ONTOGENESIS IN CHICKENS OF GENE POOL POPULATIONS AND BROILERS

Abstract. Conformities of intensity of growth of muscles and bones of the skeleton in relation to the growth of body weight in chickens of the combined type of productivity and broilers have been studied. The research subject were chickens of meat and egg populations: experimental golden-striped (GS), Pushkinskaya from the bioresource collection of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding and broilers of the Ross 308 cross. The absolute values of body weight, muscle mass, length and thickness of skeletal bones in different age periods were calculated. Studies have shown that the mass of the pectoral and leg muscles has the highest growth rate in all the studied groups. The growth rate of the exterior and interior indicators decreases unevenly with age, especially in broiler chickens. The intensity of the growth of muscles and bones of the skeleton relative to the growth of body weight has been studied using an allometric equation. Studies have shown that the growth of the pectoral and leg muscles in all groups of chickens in the period up to 10 weeks of life outstrips the growth of the body as a whole. The growth of skeletal bones is characterized by negative allometry. Knowledge of the patterns of growth and development of the bird organism and its individual parts allows to adjust the feeding diet depending on the growth period, monitor the correctness of development and deviations from the standard, as well as choose the most informative periods for the selection of breeding birds.

Keywords: chickens, selection, breed, bioresource collection, meat traits, interior, allometry, growth, development, age

For citation: Makarova A. V., Vakhrameev A. B., Fedorova Z. L. Dynamics of the growth of exterior and interior indicators in ontogenesis in chickens of gene pool populations and broilers. *Vesti Natsyonal'nay akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2023, vol. 61, no. 2, pp. 151–161 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-2-151-161>

Введение. В последнее время во всем мире наблюдается интенсивный рост производства мяса птицы и параллельное увеличение массы съедобных частей тушки – грудных и ножных мышц [1–3]. Прогресс птицеводческой отрасли требует постоянного селекционного улучшения птицы, увеличения выхода продукции, ускорения темпов роста, совершенствования методов племенной работы [4]. Работа селекционеров на повышение темпов роста и мясной продуктивности серьезно изменила качественные характеристики цыплят-бройлеров. Современные бройлеры увеличивают живую массу в 50 раз всего за 40–45 дней. Такая скорость роста существенно сказывается на здоровье и сохранности птиц [5–8]. Основными причинами падежа бройлеров являются деформации скелета, заболевания органов кровообращения и дыхания, что связано с непропорциональным развитием этих органов по отношению к нарастанию мышечной массы [9–12]. Недоразвитие скелета приводит к проблемам ног, их деформации, остеопорозу и инфекциям, что, в свою очередь, ведет к снижению продуктивности, сохранности и потерям от выбраковки птиц [13–15]. Увеличение массы и размеров отдельных частей тела птицы определяются скоростью ее роста, но разные части и органы растут неравномерно.

Развитие отдельных частей тушки имеют среднюю или высокую наследуемость [16]. Множество исследований посвящены оценке развития скелета, внутренних органов и съедобных частей тушки у различных линий, кроссов и пород кур, предназначенных для промышленного, узкоспециализированного выращивания [17–20]. Изучаются геномные области, ответственные за показатели тушки птиц [21]. Большое внимание уделяется как признакам роста живой массы, так и развитию отдельных частей тела цыплят [22, 23].

В последние годы повышается интерес к птице комбинированного направления продуктивности. Такая птица характеризуется менее высокими темпами роста и более длительным временем выращивания, но отличается хорошим здоровьем, высокой сохранностью, качеством мяса с высокими вкусовыми и питательными свойствами [24–26]. С возрастом птицы количество белка в мышцах увеличивается, а количество воды снижается [27, 28].

Цель исследования – изучение закономерностей роста мышц и костей скелета по отношению к росту живой массы у цыплят пород комбинированного типа продуктивности и бройлеров.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования послужили цыплята мясо-яичных популяций: опытная золотисто-полосатая (ЗП), пушкинская из биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ и бройлеры кросса Росс 308 (рис. 1).

Кормление цыплят мясо-яичных популяций осуществлялось полнорационными комбикормами по нормам, предназначенным для молодняка кур в соответствии с возрастными периодами. Кормление бройлеров осуществлялось полнорационными специализированными комбикормами для бройлеров. Птицу выращивали в клетках по 25 голов.

У цыплят из каждой группы ($n = 50$) брали промеры экстерьера в возрасте 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 недель. У бройлеров промеры брали с 2 до 12 недель. Для измерений обхвата груди (ОГ) и обхвата плюсны (ОП) использовали мерную ленту. Косую длину туловища (КДТ), длину киля (ДК), длину бедра (ДБ), длину голени (ДГ) и длину плюсны (ДП) измеряли с помощью кронциркуля.

Для оценки живой массы птицу взвешивали на электронном безмене WeiHeng S-45 с точностью до 1 г.

Для оценки мышечной массы учитывалась суммарная и по отдельности масса грудных и ножных мышц как основных составляющих общей мышечной массы птицы. Осуществляли анатомическую разделку каждые 2 недели в возрасте с 4 до 16 недель, бройлеров – с 2 до 12 недель. После отделения мышц от костей устанавливали их массу на весах МК-A22-3,2 с точностью до 0,1 г. Мышцы бедра и голени взвешивали только с правой половины тушки.

При изучении скорости роста мышц и скелета, по отношению к росту живой массы, использовали формулу простой аллометрии $y = ax^b$, где y – масса мышц или размер показателя экстерьера, x – предубойная масса, b – аллометрический и степенной коэффициент, показывающий, во сколько раз быстрее ($b > 1$ – положительная аллометрия) или медленнее ($b < 1$ – отрицательная аллометрия) растет часть тела по сравнению с массой всего организма [29]. Если коэффициент $b = 1$, рост массы животного и изучаемого органа происходит изометрично. Показатель a – коэффициент пропорциональности, соответствует тангенсу угла наклона прямой графика функции к оси абсцисс и равен



Рис. 1. *a* – опытная ЗП; *b* – пушкинская порода; *c* – цыплята-бройлеры
Fig. 1. *a* – experimental GS; *b* – Pushkinskaya breed; *c* – broiler chickens

величине y при значении $x = 1$, показывает соответственно, насколько изменяется y при изменении x на одну единицу. Статистическая оценка степенного коэффициента b аллометрических уравнений проводилась по А. А. Зотину [30]. Полученный материал обработан стандартными статистическими программами.

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 приведены абсолютные значения показателей экстерьера цыплят в период от 4 до 16 недель жизни для популяции опытная ЗП и пушкинской породы кур и от 2 до 12 недель для цыплят-бройлеров.

Таблица 1. Динамика показателей экстерьера и интерьера цыплят популяции опытная ЗП, пушкинской породы и бройлеров

Table 1. Dynamics of indicators of the exterior and interior of chickens of the experimental GS population, Pushkinskaya breed and broilers

Показатель	4 недели	6 недель	8 недель	10 недель	12 недель	14 недель	16 недель
<i>Опытная ЗП</i>							
Живая масса, г	453 ± 9,3	722 ± 11,6	1136 ± 18,3	1438,1 ± 14,9	1677 ± 20,5	1784 ± 43,3	1932 ± 49,8
Масса мышц, г	88 ± 3,3	152 ± 13,5	226 ± 18,0	315 ± 21,0	353 ± 23,6	423 ± 22,1	466 ± 34,9
ОГ, см	17,8 ± 0,16	21,0 ± 0,16	24,4 ± 0,18	27,4 ± 0,21	28,8 ± 0,37	30,1 ± 0,38	30,9 ± 0,50
КДТ, см	10,4 ± 0,11	12,7 ± 0,09	14,8 ± 0,08	16,4 ± 0,11	17,7 ± 0,16	17,9 ± 0,10	18,8 ± 0,20
ДК, см	5,5 ± 0,12	7,1 ± 0,06	8,0 ± 0,10	9,0 ± 0,13	10,0 ± 0,14	10,1 ± 0,14	10,7 ± 0,23
ДБ, см	5,9 ± 0,11	7,0 ± 0,07	8,0 ± 0,07	9,0 ± 0,14	10,0 ± 0,11	10,2 ± 0,09	10,4 ± 0,16
ДГ, см	7,8 ± 0,08	10,2 ± 0,08	11,8 ± 0,07	13,3 ± 0,06	14,1 ± 0,19	14,5 ± 0,12	14,9 ± 0,10
ДП, см	5,9 ± 0,09	7,5 ± 0,08	8,8 ± 0,10	9,9 ± 0,14	10,3 ± 0,19	10,5 ± 0,09	11,0 ± 0,10
ОП, см	2,7 ± 0,04	3,0 ± 0,05	3,1 ± 0,05	3,5 ± 0,06	3,5 ± 0,04	3,7 ± 0,08	3,7 ± 0,06
<i>Пушкинская</i>							
Живая масса, г	444 ± 10,2	691 ± 16,4	1062 ± 17,8	1337 ± 24,1	1510 ± 35,4	1787 ± 47,6	1911 ± 61,7
Масса мышц, г	71 ± 2,9	132 ± 10,2	249 ± 17,3	306 ± 18,4	354 ± 21,7	389 ± 23,1	469 ± 29,3
ОГ, см	17,9 ± 0,11	21,0 ± 0,28	24,8 ± 0,17	27,6 ± 0,26	28,4 ± 0,25	30,4 ± 0,32	30,5 ± 0,30
КДТ, см	10,7 ± 0,16	13,0 ± 0,12	15,1 ± 0,06	16,6 ± 0,11	17,5 ± 0,13	18,4 ± 0,18	18,7 ± 0,35
ДК, см	5,6 ± 0,05	7,0 ± 0,10	8,1 ± 0,07	9,0 ± 0,08	9,7 ± 0,09	10,6 ± 0,12	10,8 ± 0,15
ДБ, см	5,6 ± 0,08	6,7 ± 0,09	7,8 ± 0,06	10,3 ± 0,33	9,5 ± 0,09	10,6 ± 0,17	10,6 ± 0,17
ДГ, см	7,8 ± 0,08	9,7 ± 0,11	11,5 ± 0,08	12,8 ± 0,10	13,8 ± 0,13	14,7 ± 0,18	15,0 ± 0,23
ДП, см	6,00 ± 0,09	7,4 ± 0,10	8,7 ± 0,09	9,7 ± 0,10	10,0 ± 0,15	10,9 ± 0,17	11,0 ± 0,20
ОП, см	2,6 ± 0,04	3,0 ± 0,04	3,3 ± 0,03	3,6 ± 0,04	3,6 ± 0,04	3,8 ± 0,05	3,8 ± 0,06
Показатель	2 недели	4 недели	6 недель	8 недель	10 недель	12 недель	14 недель
<i>Бройлеры кросса Росс 308</i>							
Живая масса, г	650 ± 11,0	1071 ± 52,8	1933 ± 143,1	2738 ± 157,3	3542 ± 171,1	4079 ± 197,5	–
Масса мышц, г	74 ± 3,6	222 ± 15,4	552,5 ± 15,9	752 ± 30,4	1435 ± 44,3	1567 ± 85,9	–
ОГ, см	15,7 ± 0,57	23,7 ± 0,57	31,0 ± 0,89	33,7 ± 1,77	38,1 ± 1,43	41,1 ± 1,32	–
КДТ, см	8,4 ± 0,46	13,1 ± 0,26	16,5 ± 0,44	18,7 ± 0,71	19,9 ± 0,57	21,3 ± 0,52	–
ДК, см	4,5 ± 0,30	9,3 ± 0,17	11,9 ± 0,40	13,7 ± 0,98	15,3 ± 0,67	16,3 ± 0,58	–
ДБ, см	4,7 ± 0,17	6,6 ± 0,13	7,9 ± 0,20	8,9 ± 0,41	10,0 ± 0,51	10,8 ± 0,59	–
ДГ, см	6,1 ± 0,18	8,5 ± 0,17	10,8 ± 0,29	12,2 ± 0,49	13,6 ± 0,53	14,6 ± 0,68	–
ДП, см	4,6 ± 0,20	6,5 ± 0,13	8,3 ± 0,25	9,4 ± 0,40	10,2 ± 0,50	10,8 ± 0,50	–
ОП, см	2,9 ± 0,14	3,7 ± 0,07	4,6 ± 0,12	5,1 ± 0,25	5,4 ± 0,17	5,7 ± 0,14	–

За 12 недель исследования живая масса цыплят популяции опытная ЗП и пушкинской породы увеличилась в 4,3 раза, а цыплят-бройлеров – в 6 раз за 10 недель. Наиболее высокой скоростью роста обладает масса грудных и ножных мышц во всех исследуемых группах: у цыплят популяции опытная ЗП она увеличилась в 5,3 раза, у цыплят пушкинской породы – в 6,6 раза, а у бройлеров за 10 недель масса мышц увеличилась в 21,2 раза. У мясо-яичных популяций в 4-недельном возрасте относительная масса мышц составляла 16–19 % от живой массы. В 16 недель мышечная масса составила 24 % от массы птицы. У бройлеров Росс 308 процентное отношение массы грудных и ножных мышц увеличилось с 11 % (в 2-недельном возрасте) до 38 % в возрасте 12 недель.

Рост грудных мышц существенно повлиял и на изменения обхвата груди. У мясо-яичных популяций за период выращивания он увеличился в 1,7–1,8 раза, а у бройлеров – в 2,6 раза. Бройлеры также существенно превзошли мясо-яичные популяции в интенсивности роста костей скелета: косая длина туловища у цыплят мясо-яичных популяций за 12 недель исследования увеличилась в 1,7–1,8 раза, у бройлеров за 10 недель – в 2,5 раза; длина киля у мясо-яичных популяций увеличилась в 1,9 раза, у бройлеров – в 3,6 раза; длина бедра у мясо-яичных популяций выросла в 1,7–1,9 раза, у бройлеров – в 2,3 раза; длина голени у мясо-яичных популяций увеличилась в 1,9 раза, у цыплят бройлеров – в 2,4 раза; длина плюсны у мясо-яичных пород увеличилась в 1,8 раза, у бройлеров – в 2,3 раза. Бройлеры также продемонстрировали высокую скорость роста толщины костей. Обхват плюсны у мясо-яичных популяций за 12 недель увеличился всего в 1,4 раза, а у бройлеров за 10 недель почти в 2 раза.

Наименьшей интенсивностью роста обладает обхват плюсны. Чтобы охарактеризовать скорость роста костей ног в длину и толщину, мы оценили динамику отношения длины плюсны к ее обхвату для каждой группы. У мясо-яичных пород отношение длины к обхвату плюсны увеличилось за 12 недель с 2,3 до 2,9–3. У цыплят бройлеров за 10 недель это отношение увеличилось с 1,6 до 1,9. Эти результаты показали, что скорость роста длины плюсны выше скорости роста ее толщины, особенно для цыплят мясо-яичных пород. В возрасте 12 недель длина плюсны у мясо-яичных популяций и бройлеров не имела больших различий и находилась в пределах 10–10,8 см, но обхват плюсны у бройлеров значительно (в 1,5 раза) превосходил этот показатель у цыплят мясо-яичных популяций (при $P \leq 0,001$), что связано с интенсивной селекцией родительских форм бройлеров по этому признаку.

Динамика интенсивности роста живой массы, массы грудных и ножных мышц, косой длины туловища и толщины плюсны для исследуемых групп показаны на рис. 2 и 3.

На графике можно увидеть, что скорость роста живой массы и массы мышц снижается неравномерно. С 2 до 6 недель наблюдается резкое снижение интенсивности роста этих показателей у пушкинской породы и бройлеров Росс 308. У птиц популяции опытная ЗП снижение скорости роста в этот период происходит более плавно и к 6 неделям скорость роста живой массы двух мясо-яичных популяций выравнивается, а кривые скорости роста мышечной массы сближаются. У бройлеров живая масса и масса мышц растут более скачкообразно. До возраста 6 недель интенсивность роста этих показателей резко снижается и достигает минимума к возрасту окончания промышленного выращивания – 5–6 неделям жизни. С 6 до 8 недель идет стабилизация интенсивности роста живой массы, после чего опять идет на спад. Скорость роста мышечной массы после

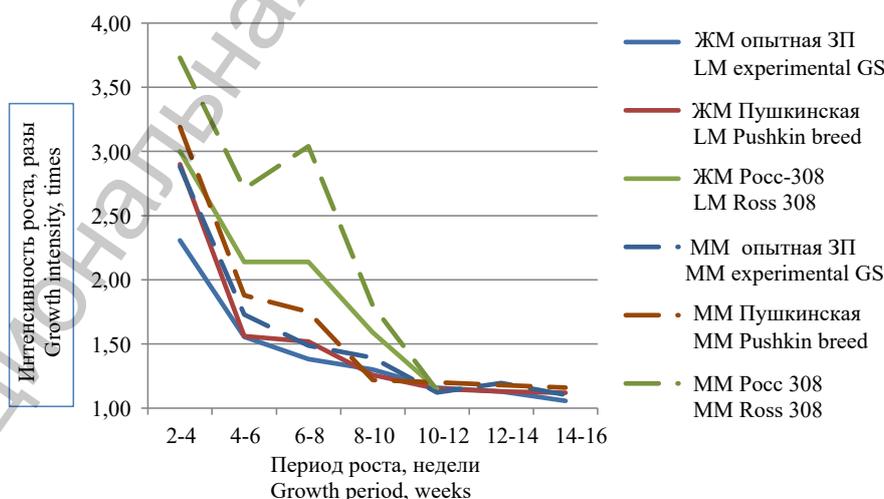


Рис. 2. Динамика интенсивности роста живой массы (ЖМ) и массы мышц (ММ) у мясо-яичных популяций кур и бройлеров

Fig. 2. Dynamics of the intensity of growth of live poultry weight (LM) and muscle mass (MM) in meat and egg populations of chickens and broilers

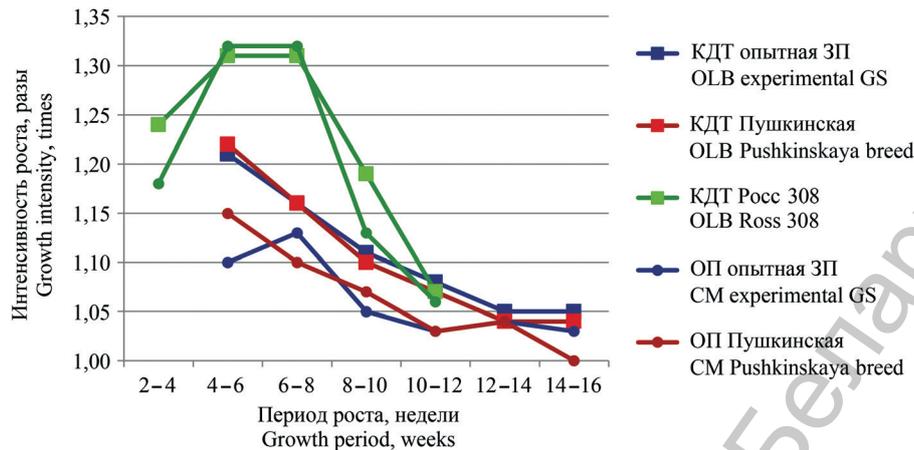


Рис. 3. Динамика интенсивности роста косой длины туловища (КДТ) и обхвата плюсны (ОП) у цыплят мясо-яичных пород и бройлеров

Fig. 3. Dynamics of the intensity of growth of the oblique length of the body (OLB) and the circumference of the metatarsal (CM) in chickens of meat and egg breeds and broilers

минимума в 6-недельном возрасте опять начинает повышаться и к возрасту 8 недель достигает пика (трехкратного прироста массы), после чего снова довольно быстро снижается.

Интенсивность роста длины и толщины костей у бройлеров до 6-недельного возраста увеличивается, затем до 8 недель наблюдается плато. После 8-недельного возраста скорость роста скелета как в длину (КДТ), так и в толщину (обхват плюсны) резко снижается. У мясо-яичных пород наблюдается более плавное снижение интенсивности роста длины корпуса и обхвата плюсны. У популяции опытная ЗП, как и у бройлеров, скорость роста обхвата плюсны увеличивается до 8-недельного возраста, после чего снижается до возраста 10 недель, затем стабилизируется, и после 14 недель наблюдается плавное снижение.

Чтобы определить интенсивность роста отдельных частей тела птиц по отношению к росту всего организма, мы рассчитали параметры аллометрического уравнения $y = ax^b$ для роста мышечной массы, обхвата груди, длины некоторых костей скелета и обхвата плюсны (табл. 2).

По результатам исследования можно увидеть, что рост грудных и ножных мышц у всех групп цыплят в период до 10 недель жизни опережает рост организма в целом ($b = 1,02-1,69$), наблюдается положительная аллометрия. Максимальное опережение, более чем в 1,5 раза, отмечается у бройлеров ($b = 1,69$) в возрасте 4–6 недель. С 10-недельного возраста рост их мышечной массы близок к изометрии. У популяции опытная ЗП в период 14–16 недель интенсивность роста мышечной массы вновь повышается ($b = 1,08$), наблюдается положительная аллометрия (при $P \leq 0,001$), что говорит о более длительном интенсивном периоде роста мышечной массы у популяции опытная ЗП по сравнению с другими группами.

Длина костей скелета характеризуется отрицательной аллометрией ($b = 0,64-0,85$) для всех групп цыплят, особенно в первые 4–6 недель жизни. Наиболее низкая интенсивность роста костей в первые периоды жизни наблюдается у бройлеров ($b = 0,64-0,76$), за исключением длины бедра ($b = 0,88$). Наиболее высокие значения роста длины костей скелета по отношению к росту живой массы в период 4–6 недель жизни отмечается у опытной популяции ЗП ($b = 0,81-0,86$), что говорит о более интенсивном росте скелета в этот период по сравнению с другими группами. В период 6–8 недель у популяции опытная ЗП относительная скорость роста длины костей снижается ($b = 0,73-0,75$), с 8 недель показатель b плавно повышается, и в период 14–16 недель длина костей растет изометрично по отношению к росту массы всего организма. Для пушкинской породы и бройлеров характерно плавное повышение коэффициента b роста длины костей, и к возрасту 12 недель он приближается к изометрии. Рост обхвата плюсны становится изометричным к возрасту 14 недель у популяции опытная ЗП. У пушкинской породы и бройлеров толщина костей (обхват плюсны) характеризуется отрицательной аллометрией весь исследуемый период.

Таблица 2. Параметры аллометрического уравнения

Table 2. Parameters of the allometric equation

Показатель		4–6 недель	6–8 недель	8–10 недель	10–12 недель	12–14 недель	14–16 недель
<i>Опытная ЗП</i>							
Масса мышц	<i>a</i>	0,098	0,132	0,145	0,293	0,184	0,150
	<i>b</i>	1,11 ± 0,048	1,08 ± 0,098	1,07 ± 0,065	0,97 ± 0,075	1,04 ± 0,019	1,08 ± 0,028
ОГ	<i>a</i>	0,145	0,136	0,050	0,035	0,040	0,019
	<i>b</i>	0,77 ± 0,010	0,74 ± 0,006	0,87 ± 0,005	0,91 ± 0,009	0,89 ± 0,011	0,98 ± 0,012
КДТ	<i>a</i>	0,067	0,082	0,033	0,017	0,029	0,010
	<i>b</i>	0,81 ± 0,013	0,74 ± 0,08	0,86 ± 0,005	0,94 ± 0,011	0,87 ± 0,011	1,02 ± 0,013
ДК	<i>a</i>	0,034	0,051	0,017	0,008	0,015	0,006
	<i>b</i>	0,85 ± 0,031	0,73 ± 0,011	0,88 ± 0,09	0,97 ± 0,013	0,88 ± 0,013	1,02 ± 0,015
ДБ	<i>a</i>	0,042	0,050	0,018	0,008	0,014	0,006
	<i>b</i>	0,81 ± 0,022	0,73 ± 0,010	0,87 ± 0,010	0,96 ± 0,010	0,89 ± 0,013	1,00 ± 0,018
ДГ	<i>a</i>	0,038	0,067	0,023	0,018	0,023	0,008
	<i>b</i>	0,86 ± 0,011	0,74 ± 0,007	0,88 ± 0,005	0,92 ± 0,016	0,88 ± 0,020	1,00 ± 0,011
ДП	<i>a</i>	0,034	0,048	0,018	0,012	0,019	0,006
	<i>b</i>	0,83 ± 0,012	0,75 ± 0,008	0,88 ± 0,007	0,92 ± 0,014	0,86 ± 0,015	0,99 ± 0,011
ОП	<i>a</i>	0,025	0,023	0,010	0,005	0,007	0,002
	<i>b</i>	0,74 ± 0,011	0,72 ± 0,007	0,82 ± 0,006	0,90 ± 0,010	0,86 ± 0,11	0,99 ± 0,013
<i>Пушкинская</i>							
Масса мышц	<i>a</i>	0,167	0,084	0,231	0,320	0,207	0,289
	<i>b</i>	1,07 ± 0,054	1,15 ± 0,016	1,02 ± 0,027	1,00 ± 0,048	1,03 ± 0,009	1,00 ± 0,034
ОГ	<i>a</i>	0,179	0,273	0,051	0,040	0,030	0,033
	<i>b</i>	0,76 ± 0,013	0,78 ± 0,09	0,88 ± 0,003	0,91 ± 0,006	0,94 ± 0,008	0,92 ± 0,010
КДТ	<i>a</i>	0,093	0,075	0,033	0,021	0,021	0,019
	<i>b</i>	0,78 ± 0,013	0,76 ± 0,009	0,87 ± 0,006	0,93 ± 0,006	0,92 ± 0,008	0,93 ± 0,009
ДК	<i>a</i>	0,037	0,045	0,017	0,006	0,009	0,011
	<i>b</i>	0,82 ± 0,015	0,75 ± 0,010	0,88 ± 0,008	1,03 ± 0,009	0,96 ± 0,009	0,94 ± 0,011
ДБ	<i>a</i>	0,051	0,039	0,014	0,109	0,009	0,013
	<i>b</i>	0,78 ± 0,015	0,77 ± 0,011	1,04 ± 0,125	0,92 ± 0,018	0,99 ± 0,018	0,92 ± 0,011
ДГ	<i>a</i>	0,065	0,053	0,023	0,016	0,015	0,015
	<i>b</i>	0,75 ± 0,014	0,78 ± 0,09	0,89 ± 0,007	0,94 ± 0,008	0,93 ± 0,008	0,93 ± 0,008
ДП	<i>a</i>	0,049	0,042	0,017	0,015	0,010	0,011
	<i>b</i>	0,80 ± 0,015	0,84 ± 0,010	0,87 ± 0,016	0,91 ± 0,011	0,95 ± 0,009	0,93 ± 0,009
ОП	<i>a</i>	0,029	0,022	0,008	0,006	0,004	0,005
	<i>b</i>	0,74 ± 0,013	0,73 ± 0,009	0,84 ± 0,015	0,89 ± 0,009	0,93 ± 0,008	0,90 ± 0,010
Показатель		2–4 недели	4–6 недель	6–8 недель	8–10 недель	10–12 недель	12–14 недель
<i>Бройлеры кросса Росс 308</i>							
Масса мышц	<i>a</i>	0,105	0,013	0,130	0,234	0,447	–
	<i>b</i>	1,18 ± 0,061	1,69 ± 0,023	1,14 ± 0,027	1,07 ± 0,025	0,99 ± 0,025	–
ОГ	<i>a</i>	0,349	0,129	0,102	0,030	0,017	–
	<i>b</i>	0,67 ± 0,032	0,75 ± 0,023	0,73 ± 0,034	0,87 ± 0,33	0,94 ± 0,036	–
КДТ	<i>a</i>	0,130	0,60	0,049	0,024	0,001	–
	<i>b</i>	0,71 ± 0,031	0,77 ± 0,024	0,75 ± 0,029	0,82 ± 0,027	0,93 ± 0,043	–
ДК	<i>a</i>	0,093	0,047	0,036	0,013	0,007	–
	<i>b</i>	0,67 ± 0,018	0,76 ± 0,028	0,75 ± 0,025	0,86 ± 0,21	0,92 ± 0,026	–
ДБ	<i>a</i>	0,035	0,037	0,025	0,009	0,005	–
	<i>b</i>	0,88 ± 0,054	0,74 ± 0,026	0,74 ± 0,019	0,86 ± 0,23	0,93 ± 0,044	–
ДГ	<i>a</i>	0,181	0,049	0,033	0,012	0,006	–
	<i>b</i>	0,63 ± 0,046	0,74 ± 0,023	0,75 ± 0,021	0,86 ± 0,19	0,93 ± 0,037	–
ДП	<i>a</i>	0,120	0,046	0,027	0,011	0,005	–
	<i>b</i>	0,64 ± 0,036	0,71 ± 0,024	0,74 ± 0,024	0,84 ± 0,025	0,92 ± 0,039	–
ОП	<i>a</i>	0,038	0,023	0,019	0,007	0,003	–
	<i>b</i>	0,76 ± 0,033	0,73 ± 0,023	0,71 ± 0,033	0,81 ± 0,27	0,91 ± 0,035	–

Невысокие значения коэффициента a (от 0,001 до 0,447) показывают относительно невысокий угол наклона (менее 25°) прямых аллометрических уравнений в каждый период роста.

Динамика значений коэффициента a во многом определяется направлением аллометрии. При положительной аллометрии ($b > 1$) значения коэффициента пропорциональности a в следующий период увеличиваются, при отрицательной – снижаются. Можно заметить эффект инерционности во взаимодействии коэффициентов b и a . Так, при изменении коэффициента аллометрии b , коэффициент пропорциональности a изменяется не сразу, а в следующий период роста. Наиболее характерен этот тренд в показателе динамики массы мышц группы опытная ЗП. Положительное значение аллометрии в первые три учетных периода (1,11; 1,08; 1,07) плавно увеличивает уровень коэффициента пропорциональности a с 0,098 до 0,293. Отрицательная аллометрия ($b = 0,97$) в четвертом периоде, с 10-й по 12-ю неделю жизни, приводит к снижению коэффициента a в следующем периоде, 12–14 недель, с 0,293 до 0,184. Инерционность взаимосвязи b и a проявляется и далее. Если аллометрия массы мышц в 12–14 недель имеет слабо положительное значение ($b = 1,04$), то в следующем периоде коэффициент пропорциональности не увеличивается, а в связи с инерцией снижения в предыдущем периоде продолжает снижаться – с 0,184 до 0,150.

Во всех группах и во все периоды роста наблюдается однородное постепенное снижение уровня коэффициентов a костяка относительно мышечной массы. Наиболее наглядно это можно увидеть в показателе косой длины туловища (КДТ). Коэффициент пропорциональности a постепенно снижается в соответствии со значением b , не превышающем единицы. У бройлеров снижение этого показателя от 0,105 доходит почти до нуля (0,001).

Заключение. Исследования показали, что, несмотря на превосходство цыплят бройлеров кросса Росс 308 в скорости роста живой массы, закономерности роста мышц и костей скелета, по отношению к росту всего организма, не отличаются от цыплят мясо-яичных пород. Интенсивность роста живой массы, массы мышц, длины и толщины костей с возрастом снижается. У цыплят мясо-яичных пород, как и у цыплят-бройлеров, рост мышечной массы в первые 10–12 недель характеризуется положительной аллометрией по отношению к росту организма в целом. Рост костей скелета характеризуется отрицательной аллометрией до 12–14-недельного возраста. В более позднем возрасте мышечная масса, также как длина и толщина костей, растет изометрично по отношению к живой массе птицы. Знание закономерностей роста и развития организма птиц и отдельных его частей позволяет корректировать рацион кормления в зависимости от периода роста, отслеживать правильность развития и отклонения от нормы, а также выбирать наиболее информативные периоды для отбора племенной птицы.

Благодарности. Работа выполнена по теме государственного задания НИР № 121052600357-8.

Acknowledgements. The research was carried out within the topic of state research work No. 121052600357-8.

Список использованных источников

1. Shahin, K. A. Sources of shared variability of the carcass and non-carcass components in Pekin ducklings / K. A. Shahin // *Ann. Zootech.* – 2000. – Vol. 49, № 1. – P. 67–72. <https://doi.org/10.1051/animres:2000100>
2. Mottet, A. Global poultry production: current state and future outlook and challenges / A. Mottet, G. Tempio // *World's Poult. Sci. J.* – 2017. – Vol. 73, № 2. – P. 245–256. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
3. Менкнасунов, М. П. Динамика мирового производства и потребления мяса птицы / М. П. Менкнасунов // *Упр. рисками в АПК.* – 2018. – № 2. – P. 87–94. <https://doi.org/10.53988/24136573-2018-02-05>
4. Никитина, И. А. Влияние направленного отбора в ряде поколений на продуктивные и мясные качества уток кросса «Темп» / И. А. Никитина // *Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук.* – 2015. – № 2. – С. 89–94.
5. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part I. Anatomy of the musculoskeletal respiratory apparatus and changes in organ size / P. G. Tickle [et al.] // *PeerJ.* – 2014. – Vol. 2. – P. e432. <https://doi.org/10.7717/peerj.432>
6. Tallentire, C. W. Breeding for efficiency in the broiler chicken: a review / C. W. Tallentire, I. Leinonen, I. Kyriazakis // *Agron. Sustain. Dev.* – 2016. – Vol. 36, № 4. – Art. 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0398-2>
7. Tickle, P. G. Energy allocation and behaviour in the growing broiler chicken / P. G. Tickle, J. R. Hutchinson, J. R. Codd // *Sci. Rep.* – 2018. – Vol. 8, № 1. – Art. 4562. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22604-2>
8. Differences in tibia shape in organically reared chicken lines measured by means of geometric morphometrics / D. Pulcini [et al.] // *Animals.* – 2021. – Vol. 11, № 1. – Art. 101. <https://doi.org/10.3390/ani11010101>
9. Рост скелета и мышечно-костное соотношение у курочек породы корниш / В. П. Панов [и др.] // *Изв. Тимирязев. с.-х. акад.* – 2017. – № 2. – С. 90–105.

10. The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere / C. E. Bennett [et al.] // R. Soc. Open Sci. – 2018. – Vol. 5, № 12. – P. 180325. <https://doi.org/10.1098/rsos.180325>
11. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part II. Body segment inertial properties and muscle architecture of the pelvic limb / H. Paxton [et al.] // PeerJ. – 2014. – Vol. 2. – P. e473. <https://doi.org/10.7717/peerj.473>
12. Jones, G. P. D. Manipulation of organ growth by early-life food restriction: Its influence on the development of ascites in broiler chickens / G. P. D. Jones // Br. Poult. Sci. – 1995. – Vol. 36, № 1. – P. 135–142. <https://doi.org/10.1080/00071669508417759>
13. Newman, S. Skeletal integrity in layers at the completion of egg production / S. Newman, S. Leeson // World's Poult. Sci. J. – 1997. – Vol. 5, № 3. – P. 265–277. <https://doi.org/10.1079/WPS19970021>
14. Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibiae of seven- and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens / H. N. C. Rath [et al.] // Poult. Sci. – 1999. – Vol. 78, № 8. – P. 1232–1239. <https://doi.org/10.1093/ps/78.8.1232>
15. Leterrier, C. Composition, cortical structure and mechanical properties of chicken tibiotarsi: effect of growth rate / C. Leterrier, Y. Nys // Br. Poult. Sci. – 1992. – Vol. 33, № 5. – P. 925–939. <https://doi.org/10.1080/00071669208417536>
16. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers / S. Zerehdaran [et al.] // Poult. Sci. – 2004. – Vol. 83, № 4. – P. 521–525. <https://doi.org/10.1093/ps/83.4.521>
17. Influence of growth on pale muscle in broilers / D. D. Samuel [et al.] // J. Sci. Food Agric. – 2012. – Vol. 92, № 1. – P. 78–83. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4544>
18. Zhang, B. The relationship of various tibia bone measurements in hens / B. Zhang, C. Coon // Poult. Sci. – 1997. – Vol. 76, № 12. – P. 1698–1701. <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1698>
19. The dynamics of body composition and body energy content in broilers / J. V. Caldas [et al.] // Poult. Sci. – 2019. – Vol. 98, № 2. – P. 866–877. <https://doi.org/10.3382/ps/pey422>
20. Семенов, Н. В. Динамика роста мышц у кур кросса «Шейвер 2000» / Н. В. Семенов, В. Е. Никитченко, Д. В. Никитченко // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Агрономия и животноводство. – 2017. – Т. 12, № 2. – С. 157–167. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2017-12-2-157-167>
21. Mapping quantitative trait loci regulating chicken body composition traits / Y. Gao [et al.] // Anim. Genet. – 2009. – Vol. 40, № 6. – P. 952–954. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01911.x>
22. Genome-wide association studies for growth traits in broilers / D. Dou [et al.] // BMC Genom. Data. – 2022. – Vol. 23, № 1. – Art. 1. <https://doi.org/10.1186/s12863-021-01017-7>
23. Genome-wide association study of shank length and diameter at different developmental stages in chicken F2 resource population / H. Emrani [et al.] // Anim. Genet. – 2020. – Vol. 51, № 5. – P. 722–730. <https://doi.org/10.1111/age.12981>
24. Федорова, З. Л. Оценка мясных качеств кур яично-мясного направления продуктивности, для перспективно-го использования в органическом производстве / З. Л. Федорова // Генетика и разведение животных. – 2021. – № 4. – С. 42–47. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-42-47>
25. Breed and sex effect on meat quality of chicken / H. H. Musa [et al.] // Int. J. Poult. Sci. – 2006. – Vol. 5, № 6. – P. 566–568. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.566.568>
26. Castellini, C. Animal welfare and poultry meat in alternative production systems (and ethics of poultry meat production) / C. Castellini, A. Dal Bosco // Poultry quality evaluation: quality attributes and consumer values / ed.: M. Petracci, C. Berri. – Oxford, 2017. – P. 335–357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00014-3>
27. Морфологический состав тушек курочек породы плимутрок в зависимости от возраста / Л. И. Тучемский [и др.] // Птицеводство. – 2012. – № 6. – С. 37–39.
28. Рост и онтогенетические изменения количественных показателей мышц кур породы корниш / В. П. Панов [и др.] // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 2016. – № 2. – С. 45–56.
29. Schmidt-Nielsen, K. Scaling: why is animal size so important? / K. Schmidt-Nielsen. – New York: Cambridge Univ. Press, 1984. – 241 p. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139167826>
30. Зотин, А. А. Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений / А. А. Зотин // Изв. Акад. наук. Сер. биол. – 2000. – № 5. – С. 517–524.

References

1. Shahin K. A. Sources of shared variability of the carcass and non-carcass components in Pekin ducklings. *Annales de Zootechnie*, 2000, vol. 49, no. 1, pp. 67–72. <https://doi.org/10.1051/animres:2000100>
2. Mottet A., Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*, 2017, vol. 73, no. 2, pp. 245–256. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
3. Menknaşunov M. P. Dynamics of world production and consumption of poultry meat. *Upravlenie riskami v APK = Agricultural Risk Management*, 2018, no. 2, pp. 87–94 (in Russian). <https://doi.org/10.53988/24136573-2018-02-05>
4. Nikitina I. A. Influence of directional selection on productive and meat qualities of ducks of the Temp cross. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2015, no. 2, pp. 89–94 (in Russian).
5. Tickle P. G., Paxton H., Rankin P. G., Hutchinson J. R., Codd J. R. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part I. Anatomy of the musculoskeletal respiratory apparatus and changes in organ size. *PeerJ*, 2014, vol. 2, p. e432. <https://doi.org/10.7717/peerj.432>

6. Tallentire C. W., Leinonen I., Kyriazakis I. Breeding for efficiency in the broiler chicken: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2016, vol. 36, no. 4, art. 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0398-2>
7. Tickle P. G., Hutchinson J. R., Codd J. R. Energy allocation and behaviour in the growing broiler chicken. *Scientific Reports*, 2018, vol. 8, no. 1, art. 4562. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22604-2>
8. Pulcini D., Meo Zilio D., Cenci F., Castellini C., Guarino Amato M. Differences in tibia shape in organically reared chicken lines measured by means of geometric morphometrics. *Animals*, 2021, vol. 11, no. 1, art. 101. <https://doi.org/10.3390/ani11010101>
9. Panov V. P., Nikitchenko V. E., Nikitchenko D. V., Amelina A. N. Skeleton growth and musculoskeletal ratio in Cornish chicken. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skohozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2017, no. 2, pp. 90–105 (in Russian).
10. Bennett C. E., Thomas R., Williams M., Zalasiewicz J., Edgeworth M., Miller H., Coles B., Foster A., Burton E. J., Marume U. The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere. *Royal Society Open Science*, 2018, vol. 5, no. 12, art. 180325. <https://doi.org/10.1098/rsos.180325>
11. Paxton H., Tickle P. G., Rankin J. W., Codd J. R., Hutchinson J. R. Anatomical and biomechanical traits of broiler chickens across ontogeny. Part II. Body segment inertial properties and muscle architecture of the pelvic limb. *PeerJ*, 2014, vol. 2, p. e473. <https://doi.org/10.7717/peerj.473>
12. Jones G. P. D. Manipulation of organ growth by early-life food restriction: Its influence on the development of ascites in broiler chickens. *British Poultry Science*, 1995, vol. 36, no. 1, pp. 135–142. <https://doi.org/10.1080/00071669508417759>
13. Newman S., Leeson S. Skeletal integrity in layers at the completion of egg production. *World's Poultry Science Journal*, 1997, vol. 53, no. 2, pp. 265–277. <https://doi.org/10.1079/WPS19970021>
14. Rath H. C., Balog J. M., Huff W. E., Huff G. R., Kulkarni G. B., Tierce J. F. Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibiae of seven- and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens. *Poultry Science*, 1999, vol. 78, no. 8, pp. 1232–1239. <https://doi.org/10.1093/ps/78.8.1232>
15. Leterrier C., Nys Y. Composition, cortical structure and mechanical properties of chickentibiotarsi: effect of growth rate. *British Poultry Science*, 1992, vol. 33, no. 5, pp. 925–939. <https://doi.org/10.1080/00071669208417536>
16. Zerehdaran S., Vereijken A. L. J., van Arendonk J. A. M., van der Waaij E. H. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. *Poultry Science*, 2004, vol. 83, no. 4, pp. 521–525. <https://doi.org/10.1093/ps/83.4.521>
17. Samuel D. D., Billard L., Pringle D., Wisker L. Influence of growth on pale muscle in broilers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, vol. 92, no. 1, pp. 78–83. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4544>
18. Zhang B., Coon C. The relationship of various tibia bone measurements in hens. *Poultry Science*, 1997, vol. 76, no. 12, pp. 1698–1701. <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1698>
19. Caldas J. V., Boonsinchai N., Wang J., England J. A., Coon C. N. The dynamics of body composition and body energy content in broilers. *Poultry Science*, 2019, vol. 98, no. 2, pp. 866–877. <https://doi.org/10.3382/ps/pey422>
20. Semyonov N. V., Nikitchenko V. E., Nikitchenko D. V. Growth muscel dynamics of chickens of cross “Sheiver 2000”. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 157–167 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2017-12-2-157-167>
21. Gao Y., Du Z. Q., Wei W. H., Yu X. J., Deng X. M., Feng C. G., Fei J., Feng J. D., Li N., Hu X. X. Mapping quantitative trait loci regulating chicken body composition traits. *Animal Genetics*, 2009, vol. 40, no. 6, pp. 952–954. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01911.x>
22. Dou D., Shen L., Zhou J., Cao Z., Luan P., Li Y., Li H., Zhang H., Xiao F., Guo H. Genome-wide association studies for growth traits in broilers. *BMC Genomic Data*, 2022, vol. 23, no. 1, art. 1. <https://doi.org/10.1186/s12863-021-01017-7>
23. Emrani H., Masoudi A. A., Vaez Torshizi R., Ehsani A. Genome-wide association study of shank length and diameter at different developmental stages in chicken F2 resource population. *Animal Genetics*, 2020, vol. 51, no. 5, pp. 722–730. <https://doi.org/10.1111/age.12981>
24. Fedorova Z. L. Evaluation of the meat quality of chickens of the egg-meat direction of productivity, for promising use in organic production. *Genetika i razvedenie zhivotnykh = Genetics and Breeding of Animals*, 2021, no. 4, pp. 42–47 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-42-47>
25. Musa H. H., Chen G. H., Cheng J. H., Shuieip E. S., Bao W. B. Breed and sex effect on meat quality of chicken. *International Journal of Poultry Science*, 2006, vol. 5, no. 6, pp. 566–568. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.566.568>
26. Castellini C., Dal Bosco A. Animal welfare and poultry meat in alternative production systems (and ethics of poultry meat production). *Poultry quality evaluation: quality attributes and consumer values*. Oxford, 2017, pp. 335–357. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1_00014-3
27. Tuchemskiy L. I., Nikitchenko V. E., Emanulyova Zh. V., Amelina A. N. The age dynamics of carcass morphology in plymouth rock female chicks. *Ptitsevodstvo [Poultry Farming]*, 2012, no. 6, pp. 37–39 (in Russian).
28. Panov V. P., Nikitchenko V. E., Nikitchenko D. V., Amelina A. N. Growth and ontogenetic changes of muscles quantitative indicators of Cornish chickens. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skohozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2016, no. 2, pp. 45–55 (in Russian).
29. Schmidt-Nielsen K. *Scaling: why is animal size so important?* New York, Cambridge University Press, 1984. 241 p. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139167826>
30. Zotin A. A. Statistical estimation of allometric coefficient. *Izvestiya Akademii nauk. Seriya biologicheskaya [Proceedings of the Academy of Sciences. Biological series]*, 2000, no. 5, pp. 517–524 (in Russian).

Информация об авторах

Макарова Александра Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (Московское шоссе, 55а, 196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация). E-mail: admiralmak@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3281-4581>

Вахрамеев Анатолий Борисович – старший научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (Московское шоссе, 55а, 196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация). E-mail: ab_poultry@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5166-979x>

Федорова Зоя Леонидовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (Московское шоссе, 55а, 196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация). E-mail: zoya-fspb@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7927-2401>

Information about the authors

Aleksandra V. Makarova – Ph. D. (Agriculture), Researcher of the Department of Poultry Genetics, Breeding and Gene Pool Preservation, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moscovskoe highway, 196601, Saint Petersburg – Pushkin, Russian Federation). E-mail: admiralmak@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3281-4581>

Anatoly B. Vakhrameev – Senior Researcher of the Department of Poultry Genetics, Breeding and Gene Pool Preservation, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moscovskoe highway, 196601, Saint Petersburg – Pushkin, Russian Federation). E-mail: ab_poultry@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5166-979x>

Zoya L. Fedorova – Ph. D. (Agricultural), Senior Researcher of the Department of Poultry Genetics, Breeding and Gene Pool Preservation, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moscovskoe highway, 196601, Saint Petersburg – Pushkin, Russian Federation). E-mail: zoya-fspb@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7927-2401>