

Г. К. Пегливанян, Т. А. Ларкина, О. Ю. Баркова, Н. В. Дементьева

Ассоциация показателей экстерьера опытной популяции кур пушкинской породы с эффективным маркером *rs316247861* гена миостатина

Аннотация. В современном птицеводстве наряду с классическими методами селекции, основанными на анализе фенотипа, возможно использование MAS-селекции, включающей оценку по генотипу. На мясную продуктивность оказывают влияние показатели живой массы и особенности телосложения птицы. В данной статье анализируется влияние маркера *rs316247861* гена миостатина на показатели экстерьера кур пушкинской породы. Для анализа было взято 140 голов кур пушкинской породы. Оценка экстерьера проводилась у кур в возрасте 330 дней по 17 показателям: живая масса, длина корпуса, длина корпус+шея, косая длина туловища, длина бедра, глубина груди, ширина груди в ключицах, ширина таза, обхват груди, обхват плюсны, обхват голени, угол груди (градус), длина кили, длина плюсны, длина голени, косая длина тела лентой (КДТ), длина голени лентой.

ПЦР-ПДРФ анализ проводили с использованием фермента эндонуклеазы рестрикции *BstHNI*. В результате исследования опытной популяции кур пушкинской породы носители генотипа *CC* достоверно превосходили особей с генотипом *GG* по показателям, влияющим на формирование мясной продуктивности птицы. В выборке кур исследуемой популяции значение $\chi^2=10,29$, что позволяет сделать вывод о смещении генетического равновесия, что является признаком сильного селекционного давления. Таким образом, в опытной популяции пушкинской породы генотип *CC* является желательным при отборе на мясную продуктивность птицы. В связи с этим ген *MSTN* и продукт его экспрессии заслуживают особого внимания среди вопросов как молекулярной генетики, так и животноводства.

Ключевые слова: экстерьер, курица, пушкинская порода, маркер, ДНК, генотип, аллель.

Авторы:

Пегливанян Григорий Карапетович — аспирант, младший научный сотрудник; e-mail: peglivanian_grig@mail.ru;

Ларкина Татьяна Александровна — кандидат биологических наук; e-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru;

Баркова Ольга Юрьевна — кандидат биологических наук; e-mail: barkoffws@list.ru;

Дементьева Наталия Викторовна — кандидат биологических наук; e-mail: dementevan@mail.ru.

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФНЦ животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; Россия, 196601, Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, 55а.

Введение. Важной основой формирования мясной продуктивности кур являются особенности их экстерьера. Быстрая смена поколений в птицеводстве позволяет ускоренно вести селекционный отбор. Использование ДНК-маркеров, связанных с продуктивными признаками, позволяет повысить эффективность селекции кур [1–4]. К одному из наиболее перспективных генов, аллельные варианты которого связаны с формированием живой массы, относится ген миостатина (*MSTN*). Миостатин регулирует развитие мышц через рецепторы ACVR2A (рецептор активина типа IIA) и ACVR2B (рецептор активина типа IIB), подавляя клеточную дифференциацию сомитов в эмбриональный и замедляя рост миофибрилл в постэмбриональный период [5]. В работах ряда авторов показа-

на связь различных аллельных вариантов миостатина с ростом скелетных мышц у птиц [6–12].

В нашем исследовании изучалась популяция пушкинской породы комбинированного направления продуктивности с живой массой кур 2,3 кг, петухов 2,8 кг. В течение многих лет в породе проводилась селекция на увеличение живой массы, что отразилось на параметрах экстерьера птицы [13, 14]. Поэтому актуальным является поиск полиморфных вариантов гена миостатина, ассоциированных с признаками мясной продуктивности у кур пушкинской породы.

Цель исследований — сравнение экстерьерных показателей и живой массы кур экспериментальной популяции пушкинской породы в зависимости от генотипа особей по маркеру *rs316247861*.

Материалы и методы. Исследования проводили на базе лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ. В качестве объекта исследования была взята группа из 140 голов кур породы пушкинская биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург). Проводился индивидуальный учет продуктивных признаков у птицы. В возрасте 330 дней было проведено определение живой массы и оценка по экстерьерным показателям. Измеряли следующие параметры в см циркулем: длина корпуса, длина корпус + шея, косая длина туловища (КДТ), длина бедра, глубина груди, ширина груди в ключицах, ширина таза. И лентой: обхват груди, обхват плюсны, обхват голени, угол груди (градус), длина кия, длина плюсны, длина голени, косая длина туловища (КДТ), длина голени.

Кровь отбирали из подкрыльной вены в микропробирку, содержащую в качестве антикоагулянта 30 мкл 0,5 М ЭДТА, у кур в возрасте 21 день. До использования образцы хранили в холодильнике при -20°C . ДНК выделяли по стандартной методике, фенолом [15]. Для генотипирования использован ПЦР-ПДРФ метод.

Реакцию проводили на амплификаторе «Bio-Rad» (США) с применением праймеров F 5'-TACGTACAGCCACAGAGAACG-3', RV 5'-CGAAAGCAGCAGGGTTGTTA-3' и режима, состоящего из 35 циклов: 30 сек — 94°C , 30 сек — 60°C , 30 сек — 72°C . Для рестрикции в пробирку добавляли 0,5 мкл необходимой рестриктазы *Bst*H1 (SibEnzyme), перемешивали и ставили на инкубацию на 2 часа при 50°C . Для электрофореза использовали 1,5% агарозные гели, содержащие флуоресцентный краситель бромистый этидий и ТВЕ-буфер (45 мМ трис-борат, 1 мМ ЭДТА). Смесь после рестрикции вносили в кармашки геля. Электрофорез про-

водили в течение 20 минут при рабочем напряжении 150 V. В качестве маркера, позволяющего оценить длину фрагментов ДНК на геле, использовали pUC/MspI (Fermentas, Литва). Сигнал флуоресценции фотографировали в системе геледокументации фирмы Kodak.

Полученный ампликон имел размер 320 п.о., гетерозиготы CG отличались наличием трех фрагментов 320, 203 и 117 п. о., гомозиготы CC имели фрагменты 203 и 117 п.о., а у особей с генотипом GG был один фрагмент размером 320 п.о., который соответствует молекулярной массе амплифицированного участка (рис. 1).

Биометрическая обработка данных выполнена с помощью программы Microsoft Excel Atte Stat. Для определения статистической значимости различий средних величин использовался t-критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Основными признаками, влияющими на мясную продуктивность, являются: обхват груди, глубина груди, длина кия грудной кости, размеры грудных и ножных мышц [14].

Для изучения связи ДНК-маркера *rs316247861* с мясными качествами у кур в экспериментальной группе была проведена экстерьерная оценка взрослой птицы в возрасте 330 дней. Далее рассчитаны коэффициенты корреляции между показателями экстерьера и живой массой птицы. Значительное влияние на массу птицы оказали длина корпуса ($r=0,63$), длина корпус+шея ($r=0,69$), косая длина тела ($r=0,71$), ширина груди ($r=0,67$), обхват груди ($r=0,69$), наименьшее влияние у длины кия ($r=0,13$) при $p<0,05$.

В результате генотипирования по замене *rs316247861* наблюдали существенное преобладание особей с генотипом CC (частота 0,59). Аллель G у птицы опытной группы встречался очень редко (0,27), тогда как частота аллеля C на уровне 0,73. Данные представлены в таблице 1.

Для оценки уровня селекционного давления проводили расчет отклонения наблюдаемой гетерозиготности от ожидаемой. Оценка достоверности полученных данных проводилась с применением критерия χ^2 Пирсона. На-

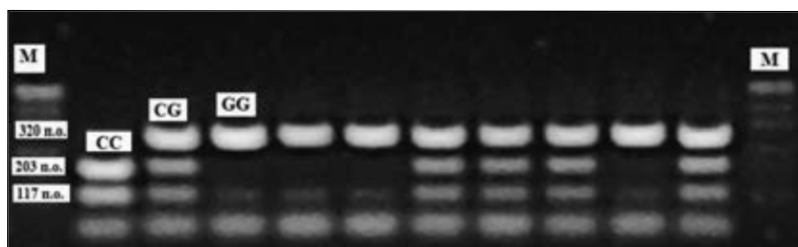


Рис. 1. Детекция полиморфизма *rs316247861* с помощью ПЦР-ПДРФ анализа

Таблица 1. Частоты генотипов и аллелей по замене *rs316247861* в опытной популяции кур пушкинской породы

Порода	n	Частота генотипов			Частота аллелей		χ^2
		CC n=83	CG n=39	GG n=18	C	G	
Пушкинская	140	0,59	0,28	0,13	0,73	0,27	10,29

блюдается нарушение равновесия Харди-Вайнберга, так как значение $\chi^2=10,29$, возможно это связано с отбором по живой массе. В популяциях с невысокой численностью увеличивается инбридинг, и, как следствие, доля гомозиготных генотипов.

Далее был проведен анализ различий по экстерьерным показателям между курами опытной популяции пушкинской породы в зависимости от генотипа по замене *rs316247861* (табл. 2). Достоверные различия были обнаружены по целому ряду признаков при $p<0,05$.

Особь с генотипом СС ($n=83$) отличалась наибольшей живой массой $2363\pm 32,7$ г, чем носите-

ли генотипа GG ($n=18$) $2085\pm 72,5$ г. Наибольшее значение длины корпуса было отмечено у носителей генотипа СС ($18,83\pm 0,13$ см), которое достоверно превзошло значения гетерозигот СG ($18,24\pm 0,20$ см), и гомозигот GG ($17,53\pm 0,25$ см).

Носители генотипа СС превосходят особей с гетерозиготным генотипом СG и гомозиготным GG по длине корпуса, длине корпус+шея, косой длине туловища, глубине груди, ширине груди в ключицах и обхвату голени, при $p<0,05$. По остальным показателям экстерьера значимые различия между генотипами по маркеру *rs316247861* не выявлены (см. табл. 2).

Таблица 2. Экстерьерная оценка опытной популяции кур пушкинской породы различных генотипов по маркеру *rs316247861*

№	Показатель	Генотип			Уровень достоверности
		СС ($n=83$) а	СG ($n=39$) b	GG ($n=18$) c	
1	Живая масса в 330 дней, г	$2363\pm 32,7^{1a}$	$2233\pm 48,4^{2b}$	$2085\pm 72,5^{3c}$	1a-3c- $p<0,05$ 2b-3c- $p<0,05$
2	Длина корпуса, см	$18,83\pm 0,13^{1a}$	$18,24\pm 0,20^{2b}$	$17,53\pm 0,25^{3c}$	1a-2b- $p<0,05$ 1a-3c- $p<0,05$
3	Длина корпус+шея, см	$34,28\pm 0,20^{1a}$	$33,03\pm 0,25^{2b}$	$32,34\pm 0,32^{3c}$	1a-2b- $p<0,05$ 1a-3c- $p<0,05$ 2b-3c- $p<0,05$
4	КДТ, см	$18,28\pm 0,08^{1a}$	$17,78\pm 0,14^{2b}$	$17,5\pm 0,18^{3c}$	1a-2b- $p<0,05$ 1a-3c- $p<0,05$
5	Длина бедра, см	$9,23\pm 0,06^{1a}$	$9,06\pm 0,09^{2b}$	$8,76\pm 0,11^{3c}$	1a-3c- $p<0,05$
6	Глубина груди, см	$11,94\pm 0,07^{1a}$	$11,51\pm 0,09^{2b}$	$11,14\pm 0,14^{3c}$	1a-2b- $p<0,05$ 1a-3c- $p<0,05$
7	Ширина груди в ключицах, см	$6,96\pm 0,06^{1a}$	$6,54\pm 0,08^{2b}$	$6,39\pm 0,13^{3c}$	1a-2b- $p<0,05$ 1a-3c- $p<0,05$
8	Ширина таза, см	$9,45\pm 0,08^{1a}$	$9,09\pm 0,14^{2b}$	$8,85\pm 0,21^{3c}$	1a-3c- $p<0,05$
9	Обхват груди, см	$35,68\pm 0,20^{1a}$	$34,85\pm 0,31^{2b}$	$34,11\pm 0,45^{3c}$	1a-3c- $p<0,05$
10	Обхват плюсны, см	$4,09\pm 0,02^{1a}$	$4,95\pm 0,87^{2b}$	$3,96\pm 0,04^{3c}$	1a-3c- $p<0,05$
11	Обхват голени, см	$12,16\pm 0,10^{1a}$	$11,47\pm 0,16^{2b}$	$11,3\pm 0,23^{3c}$	1a-2b- $p<0,05$ 1a-3c- $p<0,05$
12	Угол груди, град.	$73,46\pm 0,70^{1a}$	$70,53\pm 0,92^{2b}$	$71,66\pm 1,25^{3c}$	1a-2b-нд 1a-3c-нд 2b-3c-нд
13	Длина кия, см	$12,06\pm 1,11^{1a}$	$10,84\pm 0,16^{2b}$	$10,9\pm 0,26^{3c}$	1a-2b-нд 1a-3c-нд 2b-3c-нд
14	Длина плюсны, см	$10,04\pm 0,05^{1a}$	$9,87\pm 0,09^{2b}$	$9,87\pm 0,11^{3c}$	1a-2b-нд 1a-3c-нд 2b-3c-нд
15	Длина голени, см	$13,07\pm 0,10^{1a}$	$12,81\pm 0,13^{2b}$	$12,68\pm 0,23^{3c}$	1a-2b-нд 1a-3c-нд 2b-3c-нд
16	КДТ лентой, см	$21,71\pm 0,10^{1a}$	$21,75\pm 0,19^{2b}$	$21,55\pm 0,27^{3c}$	1a-2b-нд 1a-3c-нд 2b-3c-нд
17	Длина голени лентой, см	$15,05\pm 0,10^{1a}$	$15,04\pm 0,15^{2b}$	$14,19\pm 0,57^{3c}$	1a-2b-нд 1a-3c-нд 2b-3c-нд

Заключение. Как показали результаты исследований, маркер *rs316247861* гена миостатина является эффективным по мясному направлению продуктивности и его можно рекомендовать в се-

лекционных программах для отбора птицы в племенное ядро и дальнейшего размножения популяции кур пушкинской породы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания АААА-А18-118021590138-1 с использованием популяций кур из биоресурсной коллекции ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, Санкт-Петербург, Пушкин). Авторы выражают благодарность О. П. Юрченко, создателю пушкинской породы кур, за предоставленную возможность использовать эту породу в исследованиях

Литература

1. Fulton J. E. Molecular genetics in a modern poultry breeding organization / J. E. Fulton // World's poultry science journal. — 2008. — Vol. 64. — P. 171–176. doi: 10.1017 / S0043933907001778.
2. Коршунова Л. Г. Методы генетической модификации и селекция сельскохозяйственной птицы (обзор) / Л. Г. Коршунова, Р. В. Карапетян, В. И. Фисинин // Сельскохозяйственная биология. — 2013. — № 6. — С. 3–15.
3. Новгородова И. П. Идентификация породной принадлежности кур на основе микросателлитного анализа / И. П. Новгородова, Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь, В. И. Фисинин // Достижения науки и техники АПК. — 2015. — № 11. — С. 88–90.
4. Зиновьева Н. А. Современные методы генетического контроля селекционных процессов и сертификация племенного материала в животноводстве: Учеб. пособие / Н. А. Зиновьева, П. М. Кленовицкий, Е. А. Гладырь, А. А. Никишов // М.: РУДН. — 2008. — 329 с.
5. Bhattacharya T. K. Comparative analysis of silencing expression of myostatin (MSTN) and its two receptors (ACVR2A and ACVR2B) genes affecting growth traits in knock down chicken / T. K. Bhattacharya, R. Shukla, R. N. Chatterjee, S. K. Bhanja // Sci Rep. — 2019. — Vol. 9 — P. 7789. doi: 10.1038/s41598-019-44217-z.
6. Митрофанова О. В. Связь генотипов по однонуклеотидным заменам в гене миостатина с показателями живой массы у кур Юрловской голосистой породы / О. В. Митрофанова, Н. В. Дементьева, В. И. Тыщенко, О. П. Юрченко, А. Б. Вахрамеев // Генетика и разведение животных. — 2015. — № 1. — С. 39–42.
7. Baron E. E. High level of polymorphism in the myostatin chicken gene / E. E. Baron, A. A. Wenceslau, L. E. Alvares, K. Nones, D. C. Ruy, G. S. Schmidt, E. L. Zanella, L. L. Coutinho, M. C. Ledur // Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Montpellier. — 2002. — P. 19–23.
8. Godoy T. F. SNP and INDEL detection in a QTL region on chicken chromosome 2 associated with muscle deposition / T. F. Godoy, G. C. Moreira, C. Boschiero, A. A. Gheyas, G. Gasparin, M. Paduan, S. C. S. Andrade, H. Montenegro, D. W. Burt, M. C. Ledur, L. L. Coutinho // Animal Genetics. — 2015. — № 46. — P. 158–163. doi: 10.1111 / age.12271.
9. Gu Z. The single nucleotide polymorphisms of the chicken myostatin gene are associated with skeletal muscle and adipose growth / Z. Gu, D. Zhu, N. Li, H. Li, X. Deng, C. Wu // Science in China Ser. C Life Sciences. — 2004. — № 47. — P. 25–30.
10. Zhiliang G. The single nucleotide polymorphisms of the chicken myostatin gene are associated with skeletal muscle and adipose growth / G. Zhiliang, Z. Dahai, L. Ning, L. Hui, D. Xuemei, W. Changxin // Sci. China C. Life Sci. — 2004. — V. 47. — № 1. — P. 25–30.
11. Zhang G. Polymorphism in exons of the myostatin gene and its relationship with body weight traits in the Bian chicken / G. Zhang, F. Ding, J. Wang, G. Dai, K. Xie, L. Zang, W. Wang, S. H. Zhou // Biochem. Genetics. — 2011. — № 49. — P. 9–19.
12. Zhang G. X. Effect of exon 1 mutation in the myostatin gene on the growth traits of the Bian chicken / G. X. Zhang, X. H. Zhao, J. Y. Wang, F. X. Ding, L. Zhang // Animal Genetic. — 2012. — V. 43. — No. 4. — P. 458–459.
13. Дементьева Н. В. Эффективность использования SNP-маркеров в гене MSTN в селекции кур пушкинской породы / Н. В. Дементьева, А. Б. Вахрамеев, Т. А. Ларкина, О. В. Митрофанова // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2019. — Т. 23. — № 8. — С. 993–998. doi: 10.18699/VJ19.575.

14. Юрченко О. П. Гетерогенный подбор при разведении пушкинской породы кур / О. П. Юрченко, А. В. Макарова, А. Б. Вахрамеев // Генетика и разведение животных. — 2017. — № 3. — С. 51–57.
15. Мазин А. В. Методы молекулярной генетики и геной инженерии / А. В. Мазин, К. Д. Кузнецов, А. С. Краев // Ин-т цитологии и генетики. — 1990. — С. 13–14.

Peglivanian G., Larkina T., Barkova O., Dementeva N.

Association of exterior indicators of the experimental population of Pushkin breeds chickens with an effective marker *rs316247861* of the myostatin gene

Abstract. *In modern poultry farming, along with classical breeding methods based on phenotype analysis, it is possible to use MAS breeding, which includes genotype assessment. Meat productivity is influenced by live weight and body characteristics of the bird. This article analyzes the influence of the rs316247861 marker of the myostatin gene on the conformation parameters of Pushkin breed chickens. For the analysis, 140 heads of Pushkin breed chickens were taken. Exterior assessment was carried out in chickens at the age of 330 days according to 17 indicators: body weight, body length, body + neck length, oblique body length, thigh length, chest depth, chest width at collarbones, pelvic width, chest girth, metatarsal girth, shin girth, chest angle (degree), keel length, metatarsal length, tibia length, oblique body length with a tape (KDT), tibia length with a tape.*

PCR-RFLP analysis was performed using the restriction endonuclease BstHII enzyme. As a result of the study of the experimental population of Pushkin breed chickens, carriers of the CC genotype were significantly superior to individuals with the GG genotype in terms of indicators affecting the formation of poultry meat productivity. In the sample of chickens of the studied population, the value $\chi^2=10.29$, which allows us to conclude that the genetic equilibrium is shifted, this is a sign of strong selection pressure. Thus, in the experimental population of the Pushkin breed, the CC genotype is desirable for selection for poultry meat productivity. In this regard, the MSTN gene and its expression product deserve special attention, among the issues of both molecular genetics and animal husbandry.

Key words: exterior; chicken; Pushkin breed; marker; DNA genotype; allele.

Authors:

Peglivanian G. — Postgraduate Student, e-mail: peglivanian_grig@mail.ru;

Larkina T. — PhD (Biol. Sci.), e-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru;

Barkova O. — PhD (Biol. Sci.), e-mail: barkoffws@list.ru;

Dementieva N. — PhD (Biol. Sci.), e-mail: dementevan@mail.ru.

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, 196601, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Russia, Tyarlevo, Moscovskoe sh. 55a.

References

1. Fulton J. E. Molecular genetics in a modern poultry breeding organization / J. E. Fulton // World's poultry science journal. — 2008. — Vol. 64. — P. 171–176. doi: 10.1017 / S0043933907001778.
2. Korshunova L. G. Methods of genetic modification and selection of agricultural poultry (review) / L. G. Korshunova, R. V. Karapetyan, V. I. Fisinin // Agricultural biology. — 2013. — № 6. — P. 3–15.
3. Novgorodova I. P. Identification of breed belonging of chickens on the basis of microsatellite analysis / I. P. Novgorodova, N. A. Zinovieva, E. A. Gladys, V. I. Fisinin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. — 2015. — № 11. — P. 88–90.

4. Zinovyeva N. A. Modern methods of genetic control of breeding processes and certification of breeding material in animal husbandry: Textbook. allowance / N. A. Zinovieva, P. M. Klenovitsky, E. A. Gladyr, A. A. Nikishov // M.: RUDN. — 2008. — 329 p.
5. Bhattacharya T. K. Comparative analysis of silencing expression of myostatin (MSTN) and its two receptors (ACVR2A and ACVR2B) genes affecting growth traits in knock down chicken / T. K. Bhattacharya, R. Shukla, R. N. Chatterjee, S. K. Bhanja // *Sci Rep.* — 2019. — Vol. 9. — P. 7789. doi: 10.1038/s41598-019-44217-z.
6. Mitrofanova O. V. Relationship of genotypes for single-nucleotide substitutions in the myostatin gene with live weight indices in chickens of the Yurlovskaya vocal breed / O. V. Mitrofanova, N. V. Dementyeva, V. I. Tyschenko, O. P. Yurchenko, A. B. Vakhrameev // *Genetics and animal breeding.* — 2015. — № 1. — P. 39–42.
7. Baron E. E. High level of polymorphism in the myostatin chicken gene / E. E. Baron, A. A. Wenceslau, L. E. Alvares, K. Nones, D. C. Ruy, G. S. Schmidt, E. L. Zanella, L. L. Coutinho, M. C. Ledur // *Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Montpellier.* — 2002. — P. 19–23.
8. Godoy T. F. SNP and INDEL detection in a QTL region on chicken chromosome 2 associated with muscle deposition / T. F. Godoy, G. C. Moreira, C. Boschiero, A. A. Gheyas, G. Gasparin, M. Paduan, S. C. S. Andrade, H. Montenegro, D. W. Burt, M. C. Ledur, L. L. Coutinho // *Animal Genetics.* — 2015. — № 46. — P. 158–163. doi: 10.1111 / age.12271.
9. Gu Z. The single nucleotide polymorphisms of the chicken myostatin gene are associated with skeletal muscle and adipose growth / Z. Gu, D. Zhu, N. Li, H. Li, X. Deng, C. Wu // *Science in China Ser. C Life Sciences.* — 2004. — № 47. — P. 25–30.
10. Zhiliang G. The single nucleotide polymorphisms of the chicken myostatin gene are associated with skeletal muscle and adipose growth / G. Zhiliang, Z. Dahai, L. Ning, L. Hui, D. Xuemei, W. Changxin // *Sci. China C. Life Sci.* — 2004. — Vol. 47. — №. 1. — P. 25–30.
11. Zhang G. Polymorphism in exons of the myostatin gene and its relationship with body weight traits in the Bian chicken / G. Zhang, F. Ding, J. Wang, G. Dai, K. Xie, L. Zang, W. Wang, S. H. Zhou // *Biochem. Genetics.* — 2011. — № 49. — P. 9–19.
12. Zhang G. X. Effect of exon 1 mutation in the myostatin gene on the growth traits of the Bian chicken / G. X. Zhang, X. H. Zhao, J. Y. Wang, F. X. Ding, L. Zhang // *Animal Genetic.* — 2012. — Vol. 43. — №. 4. — P. 458–459.
13. Dementyeva N.V. Efficiency of using SNP markers in the MSTN gene in breeding chickens of the Pushkin breed / N.V. Dementyeva, A. B. Vakhrameev, T. A. Larkina, O. V. Mitrofanova // *Vavilovsky Journal of Genetics and selection.* — 2019. — Vol. 23. — № 8. — P. 993–998. doi: 10.18699 / VJ19.575.
14. Yurchenko O. P. Heterogeneous selection in the breeding of the Pushkin breed of chickens / O. P. Yurchenko, A. V. Makarova, A. B. Vakhrameev // *Genetics and animal breeding.* — 2017. — № 3. — P. 51–57.
15. Mazin A. V. Methods of molecular genetics and genetic engineering / A. V. Mazin, K. D. Kuznedelov, A. S. Kraev // *Institute of Cytology and Genetics.* — 1990. — P. 13–14.