

М. В. Позовникова¹, О. В. Тулинова¹, Е. В. Арлимова¹, Т. Э. Позднякова², В. А. Паскачева²

Полиморфизм гена бета-лактоглобулина (β -LG) среди быков-производителей айрширской породы отечественного генофонда

Аннотация. Использование достижений биологических и зоотехнических наук привело к значительному увеличению продуктивности животных. Для обнаружения и отслеживания механизмов наследования полиморфных признаков, способствующих генетическому разнообразию, возможно использование ДНК-маркеров.

Целью нашего исследования был анализ племенной ценности по родословной (ИПЦ_{род}) быков-производителей айрширской породы и племенной ценности (ПЦ) по молочной продуктивности их дочерей в связи с различными генотипами быков по гену β -LG. Из шести племпредприятий РФ получено 135 образцов семени быков айрширской породы отечественного генофонда. Методом ПЦР-ПДРФ проводили генотипирование животных по гену β -LG. Результаты показали, что наиболее часто встречаемыми генотипами являются BB (0,578) и AB (0,348). Генотип AA определен как редкий и его частота встречаемости составила 0,074. Частота аллелей была следующей: аллель А — 0,248, аллель В — 0,752. Показатель ожидаемой гетерозиготности (He) составил 0,372, показатель $\chi^2 = 0,305$ и не превышает критического значения, что говорит о том, что в данной выборке животных не наблюдается сдвига генетического равновесия. Не выявлено статистически значимых различий по ИПЦ_{род} и показателям внутрискладной оценки быков. По данным корреляционного анализа среди дочерей быков — носителей генотипа BB определены более значимые показатели отрицательной корреляции по связи удой — жир % ($r = -0,297$, при $p < 0,05$) и положительной — жир % — белок % ($r = 0,426$, при $p < 0,001$). Показана положительная корреляция удоя с белком % по всем анализируемым группам животных, что свидетельствует о приоритете белкомолочности в программах селекции айрширской породы североевропейских стран, генетические ресурсы которого используются при совершенствовании отечественной популяции данной породы.

Ключевые слова: быки, айрширская порода, ген β -LG, полиморфизм, молочная продуктивность.

Авторы:

Позовникова Марина Владимировна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: marina.qpr@gmail.com;

Тулинова Ольга Васильевна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и селекции айрширского скота; e-mail: tulinova_59@mail.ru;

Арлимова Екатерина Владимировна — научный сотрудник лаборатории генетики и селекции айрширского скота; e-mail: kapyusta@yandex.ru;

Позднякова Татьяна Эрастовна — кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных; e-mail: genetikaspbgau@mail.ru;

Паскачева Виктория Александровна — магистрант кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных; e-mail: viktor.paska4eva@yandex.ru.

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», 196601, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, д.55а;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское ш. 2.

Введение. В последние годы произошел значительный прогресс в понимании многих сложных процессов в клетках организма на молекулярном уровне. Большой вклад в уточнении некоторых параметров данного явления внесла молекулярная

биология. Эта область предоставила множество неизвестных инструментов, которые позволили понять основные жизненные процессы на базовом уровне. Использование достижений биологических и зоотехнических наук привело к значительному

увеличению продуктивности животных. В настоящее время ключевая роль дальнейшего развития генетических методов селекции животных связана с молекулярными маркерами. Молекулярные маркеры представляют собой специфические фрагменты ДНК, которые могут быть идентифицированы в геноме и наследуются в соответствии с законами Менделя [1]. Их можно успешно использовать для обнаружения и отслеживания механизмов наследования полиморфных признаков, которые способствуют генетическому разнообразию [2]. Молекулярные маркеры позволяют выявлять генетические варианты на уровне последовательности ДНК и не зависят от окружающей среды [3].

Для айрширской породы крупного рогатого скота характерной особенностью является высокая белкомолочность и жирномолочность. Основным молочным белком, который считается важным генетическим маркером количественных признаков, является β -лактоглобулин. Анализируя ассоциацию генетических вариантов β -лактоглобулина с химическим составом молока, большинство авторов связывают аллель В гена β -LG с более высоким содержанием общего белка, казеина, жира и сухого вещества в молоке [4]. Исследование, проведенное на коровах симментальской породы, подтвердило факт положительного влияния аллеля В гена β -лактоглобулина на процентный вклад всех фракций казеина, α -лактальбумина и отрицательного влияния на содержание β -лактоглобулина [5].

По данным Тулиновой О. В. (2018) в РФ за последние 5 лет выявлено сокращение поголовья айрширского скота, но при этом валовое производство молока на 1 корову сократилось лишь на 0,7%, в то же время по племязаводам наблюдается увеличение данного показателя на 14%, а в племярепродукторах — на 9,4%. В целом, отмечено рост численности высокопродуктивных животных, отличающихся высокими качественными характеристиками молока. Поэтому исследование полиморфизма гена β -LG, ассоциированного с качественным составом молока коров в популяции айрширских быков-производителей представляет научный интерес.



Рис. 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена β -лактоглобулина (эндонуклеазное расщепление ферментом *HaeIII*).

М — маркер молекулярных масс. Дорожки 1,3,5,6,9,10,11,14,16,17 — соответствуют генотипу BB; дорожки 2,4,8,12,13,15 — генотипу AB; дорожка 7 — генотипу AA

Цель исследования — анализ племенной ценности по родословной (ИПЦ_{РОД}) быков-производителей айрширской породы и племенной ценности (ПЦ) о молочной продуктивности их дочерей в связи с различными генотипами быков по гену β -LG.

Материалы и методы. Из четырех государственных племяпредприятий (ОАО «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных», ОАО «Невское», ОАО Племяпредприятие «Череповецкое», ОАО «Краснодарское» по искусственному осеменению) и двух частных (ОАО «Племяпредприятие «Карельское» и ОАО «Племяпредприятие «Вологодское») получено 135 образцов спермы быков-производителей айрширской породы отечественного генофонда.

ДНК из образцов семени выделяли фенольным методом с помощью β -меркаптоэтанола. Методом ПЦР-ПДРФ определяли генотипы животных [7] Индекс племенной ценности по родословной (ИПЦ_{РОД}) рассчитывали по формуле $\text{ИПЦ}_{\text{РОД}} = 0,5 \text{ ПЦ}_O + 0,25 \text{ ПЦ}_{\text{ОМ}} + 0,125 \text{ ПЦ}_{\text{ОММ}}$, где ПЦ_О, ПЦ_{ОМ}, ПЦ_{ОММ} — ПЦ отца, отца матери и отца матери матери [8]. Проведена внутрискладная оценка быков по удою (кг), жиру (%), белку (%) их дочерей (n=16383), определена средняя племенная ценность (ПЦ) по этим признакам с учетом влияния стада, сезона и года отела (2012–2016 гг.)

С помощью однофакторного дисперсионного анализа проведено сравнение показателей средних значений по группе. Расчет коэффициента ранговой корреляции проведен с использованием критерия Пирсона.

Для расчетов использовали программы «СГС-ВНИИГРЖ» [9], AtteStat и Microsoft Excel.

Результаты и обсуждения. По данным электрофореграмм (рис. 1) определены генотипы животных, а также рассчитана частота встречаемости аллелей и генотипов гена β -LG.

Результаты показали, что наиболее часто встречаемыми генотипами являются BB (0,578) и AB (0,348). Генотип AA определен как редкий и его частота встречаемости составила 0,074. Частота аллелей была следующей: аллель А — 0,248, аллель В — 0,752. Показатель ожидаемой гетерозиготности (H_e) составил 0,372, показатель $\chi^2 = 0,305$ и не превышает критического значения, что говорит о том, что в данной выборке не наблюдается сдвига генетического равновесия.

Полученные данные согласуются с имеющимися литературными. В популяции норвежского красного скота частота встречаемости геноти-

пов гена β -LG была следующей: AA — 14%, AB — 41%, BB — 45% [10]. По данным [11] в выборке айрширского скота (Финляндия) также наблюдалась высокий процент животных с генотипом BB: BB — 51%, AB — 41%, AA — 8%. Предыдущие наши исследования показали, что для коров айрширской породы отечественной селекции также характерна высокая частота встречаемости генотипа BB: (52,3%) и аллеля B (0,70) [12].

В оценку быков по ИПЦ_{РОД} были включены только те особи, предки которых имели оценку по показателю содержания белка в молоке. Сравнение средних показателей по группам не выявило статистически значимых различий (табл. 1).

Продуктивность дочерей быков разных генотипов гена β -LG оценивали по показателям внутрискладной оценки (табл. 2), так как значительная часть быков айрширской породы отечественного генофонда еще не имеют официальной оценки (молодые быки). В исследованиях Васильевой Е. В. показано, что результаты официальной и внутрискладной оценки быков совпадают при коэффициентах ранговой корреляции $r = 0,357-0,474$ [13].

Сравнительный анализ как абсолютных показателей, так и показателей ПЦ дочерей быков с различными генотипами гена β -LG не выявил значимых различий между группами (табл. 2).

Как известно, способ отбора животных и его эффективность в значительной степени определяется корреляционной связью между признаками молочной продуктивности. Показатели общего удоя за лактацию и процентное содержание жира и белка в молоке — три взаимосвязанных признака. Связь между этими признаками имеет большое практическое значение, так как от нее зависит возмож-

ность ведения селекции по одному признаку, не допуская снижения других. Используя знания о характере и величине связей между признаками молочной продуктивности, можно управлять этими связями и добиваться в нужных случаях перестройки существующих корреляций.

При селекции животных следует учитывать не только выраженность признаков, но и характер и степень корреляционных связей между ними, которые можно определить на потомстве быков-производителей [14].

Изучение структуры корреляций между удоем и % жира в молоке показало, что независимо от генотипа быков по гену β -LG фенотипическая связь была отрицательной ($r = -0,243$, при $p < 0,05$), а связь жир, % — белок, % — положительная ($r = 0,339$, при $p < 0,001$). Сравнительный анализ корреляционных связей в группах быков с генотипом AB и BB показал, что наиболее перспективной оказались особи с генотипом BB гена β -LG. В данном случае наблюдается повышение показателя корреляции по признаку удой — жир, % ($r = 0,297$, при $p < 0,05$) и по признаку жир, % — белок, % ($r = 0,426$, при $p < 0,001$). Этот факт подтверждается другими исследованиями, в которых показано, что генотип BB у айрширских коров ассоциирован с высоким содержанием жира в молоке [11, 15].

Корреляционная связь по показателю удой — белок, % как в целом по выборке, так и внутри групп в зависимости от генотипа быков по гену β -LG положительная. То есть при односторонней селекции на удой не стоит ожидать резкого снижения показателя процентного содержания белка. Это в целом согласуется с тем фактом, что в по-

Таблица 1. ИПЦ_{РОД} быков-производителей в зависимости от генотипа по гену β -LG

Показатель	Генотип быков		
	AA (n=8)	AB (n=33)	BB (n=50)
Удой, кг	91,2±90,7	-10,8±40,9	43,7±32,4
Жир, %	0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,003±0,007
Белок, %	0,008±0,008	-0,010±0,008	0,003±0,006

Таблица 2. ПЦ быков с различными генотипами гена β -LG по внутрискладной оценке по продуктивности дочерей

Показатель	Генотип быков		
	AA (n=3)	AB (n=29)	BB (n=40)
Удой, кг	7410±484	6190±155	6397±116
Жир, %	4,05±0,02	4,13±0,02	4,12±0,02
Белок, %	3,26±0,05	3,29±0,01	3,28±0,01
ПЦ удой, кг	169,0±123,0	-50,5±36,2	2,1±27,3
ПЦ жир, %	-0,02±0,01	0,005±0,009	-0,002±0,009
ПЦ белок, %	-0,03±0,02	-0,010±0,004	-0,001±0,006

Таблица 3. Взаимосвязь между качественными и количественными показателями молочной продуктивности дочерей быков с различными генотипами гена β -LG

Взаимосвязь	Коэффициент корреляции, r
<i>По всей группе без учета генотипа</i>	
Удой — жир, %	-0,243*
Удой — белок, %	0,165
Жир, % — белок, %	0,339**
<i>В группе быков с генотипом АВ</i>	
Удой — жир, %	-0,143
Удой — белок, %	0,278
Жир, % — белок, %	0,154
<i>В группе быков с генотипом ВВ</i>	
Удой — жир, %	-0,297*
Удой — белок, %	0,237
Жир, % — белок, %	0,426**

Уровень достоверности: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,001$

следние годы в айрширской породе ведется успешная селекция на повышения качественных показателей молока. О значительном генетическом прогрессе быков говорит повышение удоев с одновременным повышением белкомолочности их дочерей [16]. Таким образом, анализ генетических особенностей быков-производителей айрширской породы отечественного генофонда позволит в перспективе не только сохранять высокую молочную продуктивность и высокие качественные показатели мо-

лока, но и правильно понимать сущность генетических явлений.

Вывод. В анализируемой выборке быков-производителей айрширской породы преобладает генотип ВВ (0,578) и аллель В (0,752) гена β -LG. Среди дочерей быков — носителей генотипа ВВ определена наиболее значительная отрицательная корреляция удой — жир, % ($r = -0,297$, при $p < 0,05$) и положительная жир, % — белок, % ($r = 0,426$, при $p < 0,001$).

*Работа выполнена при финансовой поддержке ФАНО
(тема ГЗ №АААА-А18-118021590138-1 и ГЗ №АААА-А18-118021590134-3)*

Литература

1. Teneva A. Application of molecular markers in livestock improvement / A. Teneva, M. P. Petrović // Biotechnology in Animal Husbandry. — 2010. — Vol. 26. — № 3–4. — P. 135–154.
2. Khatkar M. S. Quantitative trait loci mapping in dairy cattle: review and meta-analysis / M. S. Khatkar, P. C. Thomson, I. Tammen, H. W. Raadsma // Genetics Selection Evolution. — 2004. — № 36. — P. 163–190.
3. Barłowska J. Milk proteins' polymorphism in various species of animals associated with milk production utility / J. Barłowska, A. Wolanciuk, Z. Litwińczuk // J. Kryl In Milk protein. In Tech. — 2012. — P. 235–264.
4. Barłowska J. Relationship of β -lactoglobulin and k-casein genetical variants with chosen indexes of milk technological usefulness of Red Polish and Whitebacks cows / J. Barłowska, Z. Litwińczuk, J. Kryl, M. Kędzierska-Matysek // Annals of Animal Science. — 2007. — № 1. — P. 43–47
5. Bonfatti V. Effect of β -k-casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows / V. Bonfatti, G. Di Martino, A. Cecchinato, D. Vicario, P. Carnier // Journal of Dairy Science. — 2010. — № 93. — P. 3797–3808.
6. Тулинова О. В. Вклад айрширской породы в молочное скотоводство России / О. В. Тулинова // Молочное и мясное скотоводство. — 2018. — № 3. — С. 16–21.
7. Mitra A. Polimorphism at growth hormone and prolactin loci in Indian cattle and buffalo / A. Mitra, P. Schlee, C. R. Balakrishnan F. Pirchner // Journal of Animal Breeding and Genetics. — 1995. — № 112. — P. 71–74.
8. Живоглазова Е. В., Тулинова О. В. Сравнительный анализ оценок айрширских быков по качеству потомства, Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Федеральное агентство научных организаций, ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук», 2018, С. 57–62.

9. Сергеев С. М., Тулинова О. В. Селекционно-генетическая статистика — ВНИИГРЖ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ, №. 2015663613, 2015.
10. Ketto I. Effects of milk protein polymorphism and composition, casein micelle size and salt distribution on the milk coagulation properties in Norwegian Red cattle / A. I. A. Ketto, T. M. Knutsen, J. Øyaas, B. Heringstad, T. Ådnøy, T. G. Devold, S. B. Skeie // International Dairy Journal. — 2017. — № 70. — P. 55–64.
11. Ojala M. Associations of milk protein polymorphism and milk production traits and udder health traits in Finnish Ayrshire cows / M. Ojala, T. Seppänen, A. M. Tyrisevä, T. Ikonen // In Book of abstracts of the 55th annual meeting of the European Association for Animal Production, Bled, Slovenia, 2004, P. 5–9.
12. Позовникова М. В. Генетическая структура коров молочных пород по ДНК-маркерам и влияние их генотипов на молочную продуктивность / М. В. Позовникова, О. В. Тулинова, Г. Н. Сердюк, И. А. Погорельский // Молочное и мясное скотоводство. — 2016. — № 2. — С. 8–13.
13. Васильева Е. Н. Биологические и селекционные факторы повышения качества генотипа производителей айрширской породы скота на основе их генетической оценки / Е. Н. Васильева // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. — 2018. — № 3 (172). — С. 96–100.
14. Лепёхина Н. В. Корреляционная связь и наследуемость основных хозяйственно-полезных признаков у коров разных генераций: дисс.... канд. биол. наук. 06.02.07. / Лепёхина Татьяна Викторовна, Москва, 2012 г. 104 с.
15. Ikonen T. Associations between milk protein polymorphism and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows / T. Ikonen, M. Ojala, O. Ruottinen Journal of Dairy Science. — 1999. — V. 82. — № 3 (172). — P. 1026–1033.
16. Тулинова О. В. (2017) Современное состояние и перспективы совершенствования молочного скота айрширской породы Российской Федерации / О. В. Тулинова, Е. Н. Васильева // Генетика и разведение животных. — 2017. — № 2. — С. 3–16.

Pozovnikova M.¹, Tulinova O.¹, Arlimova E.¹, Pozdnyakova T.², Paskacheva V.²

Beta-lactoglobulin gene (β -LG) polymorphism among Bulls of the Ayrshire breed of the domestic gene pool

Abstract. *The use of advances in biological and zootechnical sciences has led to a significant increase in animal productivity. It is possible to use DNA markers to detect and track the mechanisms of inheritance of polymorphic characters that contribute to genetic diversity.*

The aim of our study was to analyze the value of Parent Average (pedigree) index PA of the Ayrshire breeding bulls and the breeding value of the milk production of their daughters (BV) in connection with the different genotypes of the bulls for the β -LG gene.

Of the six pedigree enterprises of the Russian Federation, 135 samples of Ayrshire cattle were obtained from the domestic gene pool. Using PCR-RFLP, animals were genotyped for the β -LG gene. The results showed that the most common genotypes are BB (0.578) and AB (0.348). The AA genotype is defined as rare and its frequency of occurrence was 0.074. The allele frequency was as follows: allele A, 0.248; allele B, 0.752. The index of expected heterozygosity (N) was 0.372, the indicator $\chi^2 = 0.305$ and does not exceed the critical value, which indicates that no genetic equilibrium shift is observed in this sample of animals.

There were not found statistically significant differences for PA and indicators of intrastate assessment of bulls. According to the data of the correlation analysis, among the daughters of bulls — carriers of the BB genotype, more significant indicators of the negative correlation were determined by the bond yield — fat% ($r = -0.297$, with $p < 0.05$) and positive — fat, % — protein, % ($r = 0.426$, with $p < 0.001$).

A positive correlation of milk yield with protein% was shown for all analyzed groups of animals, which indicates the priority of protein content in dairy breeding programs of northern European countries, the genetic resources of which are used to improve the domestic population of this breed.

Key words: bulls, Ayrshire breed, β -LG gene, polymorphism, milk production.

Authors:

Poznovnikova M. — PhD (Biol. Sci.), Senior Researcher; e-mail: marina.qpr@gmail.com;

Tulinova O. — Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of genetics and breeding of Ayrshire cattle; e-mail: tulinova_59@mail.ru;

Arlimova E. — Researcher at the laboratory of genetics and breeding of Ayrshire cattle; e-mail: kapyucta@yandex.ru;

Pozdnyakova T. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology; e-mail: genetikaspbgau@mail.ru;

Paskacheva V. — Master student of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology; e-mail: viktoria.paska4eva@yandex.ru.

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry; St. Petersburg, p.Tjarlevo, Moskovskoe shosse, 55a, 196601;

² Saint-Petersburg State Agrarian University, 2, Peterburgskoe sh., St. Petersburg-Pushkin, 196601 Russia.

References

1. Teneva A. Application of molecular markers in livestock improvement / A. Teneva, M. P. Petrović // *Biotechnology in Animal Husbandry*. — 2010. — Vol. 26. — № 3–4. — P. 135–154.
2. Khatkar M. S. Quantitative trait loci mapping in dairy cattle: review and meta-analysis / M. S. Khatkar, P. C. Thomson, I. Tammen, H. W. Raadsma // *Genetics Selection Evolution*. — 2004. — № 36. — P. 163–190.
3. Barłowska J. Milk proteins' polymorphism in various species of animals associated with milk production utility / J. Barłowska, A. Wolanciuk, Z. Litwińczuk // *J. Kryn In Milk protein. In Tech*. — 2012. — P. 235–264.
4. Barłowska J. Relationship of β -lactoglobulin and κ -casein genetical variants with chosen indexes of milk technological usefulness of Red Polish and Whitebacks cows / J. Barłowska, Z. Litwińczuk, J. Kryn, M. Kędzierska-Matysek // *Annals of Animal Science*. — 2007. — № 1. — P. 43–47
5. Bonfatti V. Effect of β -casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows / V. Bonfatti, G. Di Martino, A. Cecchinato, D. Vicario, P. Carnier // *Journal of Dairy Science*. — 2010. — № 93. — P. 3797–3808.
6. Tulinova, O. V. Contribution of Ayrshire breed to dairy cattle breeding in Russia / O. V. Tulinova // *Dairy and beef cattle breeding*. — 2018. — № 3. — P. 16–21.
7. Mitra A. Polymorphism at a growth hormone and prolactin in Indian cattle and A. Mitra, P. Schlee, C. R. Balakrishnan F. Pirchner // *Journal of Animal Breeding and Genetics*. — 1995. — № 112. — P. 71–74.
8. Zhivoglazova Ye. V., Tulinova O. V. Comparative analysis of Ayrshire bull grades by the quality of offspring. Breeding on modern populations of domestic dairy cattle as the basis for import substitution of livestock products. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. Federal Agency of Scientific Organizations, Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2018, P. 57–62.
9. Sergeev S. M., Tulinova O. V. Selection and Genetic Statistics — VNIIGRZH. Certificate of state registration of computer programs of the Russian Federation, no.2015663613, 2015.
10. Ketto I. Effects of milk protein polymorphism and composition, casein micelle size and salt distribution on the milk coagulation properties in Norwegian Red cattle / A. I. A. Ketto, T. M. Knutsen, J. Øyaas, B. Heringstad, T. Ådnøy, T. G. Devold, S. B. Skeie // *International Dairy Journal*. — 2017. — № 70. — P. 55–64.
11. Ojala M. Associations of milk protein polymorphism and milk production traits and udder health traits in Finnish Ayrshire cows / M. Ojala, T. Seppänen, A. M. Tyrisevä, T. Ikonen // *In Book of abstracts of the 55th annual meeting of the European Association for Animal Production, Bled, Slovenia, 2004*, P. 5–9.
12. Pozovnikova M. V. Genetic structure of dairy cows by DNA markers and the effect of their genotypes on milk productivity / M. V. Pozovnikova, O. V. Tulinova, G. N. Serdyuk, I. A. Pogorelsky // *Dairy and beef cattle*. — 2016. — № 2. — P. 8–13.
13. Vasilyeva E. N. Biological and selection factors for improving the quality of the genotype of producers of Ayrshire cattle breed based on their genetic assessment / E. N. Vasilyeva // *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. — 2018. — № 3 (172). — P. 96–100.
14. Lepyokhina N. V. Correlation and heritability of the main economically useful traits in cows of different generations: diss ... Cand. Biol. sciences. February 6, 2007 / Lepyokhina Tatyana Viktorovna, Moscow, 2012. 104 p.
15. Ikonen T. Associates between milk protein and polymorphism and T. Ikonen, M. Ojala, O. Ruottinen *Journal of Dairy Science*. — 1999. — V. 82. — № 3(172). — P. 1026–1033.
16. Tulinova O. V. (2017) The current state and prospects for improving dairy cattle of the Ayrshire breed of the Russian Federation / O. V. Tulinova, E. N. Vasilyeva // *Genetics and animal breeding*. — 2017. — № 2. — P. 3–16.