

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА ЛЕПТИНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МЯСНОГО СКОТА

Т.А. Седых<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук,  
Л.А. Калашникова<sup>2</sup>, доктор биологических наук,  
Р.С. Гизатуллин<sup>3</sup>, доктор сельскохозяйственных наук,  
В.И. Косилов<sup>4</sup>, доктор сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>Уфимский федеральный исследовательский центр РАН,  
Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,  
450059, Уфа, ул. Р. Зорге, 19

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела,  
141212, Московская область, Лесные Поляны, ул. Ленина

<sup>3</sup>Башкирский государственный аграрный университет,  
450001, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34

<sup>4</sup>Оренбургский государственный аграрный университет,  
460014, Оренбург, ул. Челюскинцев, 18  
E-mail: nio\_bsau@mail.ru

*Для производства высококачественной говядины в мясном скотоводстве успешно используют специализированные породы, которые сочетают высокую энергию роста с хорошими откормочными качествами. Использование ДНК-маркеров как дополнительных критериев отбора и подбора животных позволяет повысить эффективность селекционных процессов при совершенствовании мясных характеристик скота. Целью исследования явилось определение влияния полиморфизма гена лептина на интенсивность роста молодняка и качество продукции мясного скота. Научно-хозяйственный опыт проводился в 2014-2017 гг. Методом полимеразной цепной реакции с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (SNP LEP-A422B) генотипированы бычки на откорме герефордской (114 голов) и лимузинской (111 голов) пород. У животных выявлено сходное распределение генотипов, чаще встречается гомозиготный генотип LEP<sup>AA</sup> (47,34% и 52,25%) и аллель LEP<sup>A</sup> (частота встречаемости 0,68 и 0,71). У бычков обеих пород с генотипом LEP<sup>AA</sup> установлена тенденция увеличения живой массы в возрасте 8, 12, 16 и 20 месяцев, а также незначительное превосходство по величине промеров статей тела. Анализ индексов телосложения свидетельствовал о гармоничном развитии животных и подтвердил выраженность мясных форм у молодняка всех генотипов по гену лептина. Послеубойная оценка позволила выявить тенденцию увеличения показателей предубойной живой массы, массы парной туши, убойной массы, а у герефордского скота – выхода туши у бычков с генотипом LEP<sup>AA</sup>. В ходе исследований установлена достоверная ассоциация изученного полиморфизма с увеличением массы внутреннего жира-сырца и выхода жира в тушах у бычков с генотипами LEP<sup>AB</sup> и LEP<sup>BB</sup>. Анализ морфологического состава туши у бычков герефордской породы выявил достоверную ассоциацию генотипа LEP<sup>BB</sup> с содержанием жира. Таким образом, генотипирование по SNP LEP-A422B может быть использовано в селекции скота герефордской и лимузинской пород с целью улучшения мясных качеств.*

## EFFECT OF LEPTIN GENE POLYMORPHISM ON BEEF CATTLE PRODUCTIVITY

Sedykh T.A.<sup>1</sup>, Kalashnikova L.A.<sup>2</sup>, Gizatullin R.S.<sup>3</sup>, Kosilov V.I.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ufa Federal research center of the Russian Academy of Sciences,  
Bashkir research Institute of agriculture,  
450059, Ufa, ul. R. Zorge, 19

<sup>2</sup>All-Russian Breeding Research Institute,  
141212, Moskovskaya oblast, Lesnye Polyany, ul. Lenina

<sup>3</sup>Bashkir State Agrarian University,  
450001, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34

<sup>4</sup>Orenburg state agrarian university,  
460014, Orenburg, ul. Chelyuskintsev, 18  
E-mail: nio\_bsau@mail.ru

*In beef breeding, specialized cattle that combine high growth capacity and good fattening performance characteristics are successfully used to produce high-quality beef. DNA markers as an additional criterion to select animals make it possible to increase the efficiency of selection processes when improving livestock meat qualities. The conducted study aimed to determine the effect of leptin gene polymorphism on the growth rate of young beef cattle, as well as the quality of meat products. The scientific and economic experiment was conducted in 2014-2017. Fattening Hereford (114 heads) and Limousine (111 heads) bull calves were genotyped by the method of a polymerase chain reaction with subsequent analysis of the restriction fragment length polymorphism (SNP LEP-A422B). There was found a similar genotype distribution in the studied animals. The most common were the homozygous genotype LEP<sup>AA</sup> (47.34% and 52.25%) and the allele LEP<sup>A</sup> (0.68 and 0.71). LEP<sup>AA</sup> genotype bull calves of both breeds have found to slightly increase their live weight at 8, 12, 16, and 20 months of age, as well as to have some advantages in the size of body measurements. Meat productivity indices showed a harmonious development of the body and proved beef breed manifestation of all leptin genotype bull calves. The post-slaughter assessment of meat productivity demonstrated higher indicators of pre-slaughter live weight, hot carcass, slaughter weight in LEP<sup>AA</sup> genotype cattle, while Hereford cattle had higher carcass yield. The given research detected a reliable association of the studied polymorphism with a higher weight of internal raw fat and carcass fat yield in LEP<sup>AB</sup> and LEP<sup>BB</sup> genotype bull calves. The morphological composition of carcasses of LEP<sup>BB</sup> genotype Hereford animals was found to have a similar association of leptin gene polymorphism with fat content. Thus, SNP LEP-A422B genotyping can be used in the selection of Hereford and Limousine livestock in order to improve meat qualities.*

**Ключевые слова:** полиморфизм, ген лептина, качество туш, герефордская порода, лимузинская порода

**Key words:** polymorphism, leptin's gene, the quality of carcasses, Hereford, Limousine breed

Продукция животноводческой отрасли является главным источником полноценных белков для человеческого организма. Ассортимент мяса и мясопродуктов, предлагаемый производителями в настоящее время, способен удовлетворить предпочтения любого потребителя. Для производства высококачественной говядины, как правило, используют специализированные мясные породы крупного рогатого скота, которые сочетают высокую энергию роста с хорошими откормочными показателями. Совершенствование их продуктивности достигается проведением целенаправленной селекционно-племенной работы, ориентированной на воспроизводство животных с желаемыми хозяйственно-полезными качествами.

Поиск ДНК-маркеров, связанных с хозяйственно-полезными признаками у животных, и разработка новых систем генетического маркирования по сей день являются актуальной задачей в генетике количественных признаков. Большая часть исследований в этом направлении проводится на уровне ДНК генома животных. Наиболее часто используются методики, основанные на использовании полимеразной цепной реакции (ПЦР) с последующим анализом полиморфизма длин рестриционных фрагментов (ПДРФ). Полученные полиморфные рестриционные фрагменты поворающейся ДНК представляют собой специфические генетические маркеры [1-3].

Одним из известных гормонов, влияющих на качество мяса, является лептин. Лептин – полипептид с молекулярной массой 16 кДа, который состоит из 167 аминокислотных остатков, продуцируется адипоцитами, регулирует накопление жировых отложений в организме, пищевое поведение, весовой и линейный рост животных, развитие телосложения, функцию иммунной и воспроизводительной систем. Одной из основных его функций является контроль обеспечения баланса между запасом жировой ткани, его расходом и потреблением пищи [2, 4]. По результатам многочисленных исследований отмечено, что лептин обладает плейотропным воздействием на организм животных. Наблюдается участие лептина в регуляции потребления корма, энергетического метаболизма, роста животных и предполагается ассоциация между полиморфизмом гена *LEP* с мясными формами скота и величиной мышечного глазка [5, 6]. Отмечено, что полиморфизм лептина ассоциирован с толщиной развития подкожного жира и содержанием внутримышечного жира [7, 8]. Найдена взаимосвязь с содержанием внутримышечного жира в длиннейшей мышце спины, что ассоциируется с большей мраморностью [9]. Установлена достоверная связь полиморфизма гена *LEP* с показателями толщины подкожной жировой клетчатки и усилием на разрез [10].

В связи с этим, целью наших исследований явилось определение влияния полиморфизма гена лептина на интенсивность роста молодняка и качество продукции мясного скота. В задачи исследования входило: генотипирование бычков герефордской и лимузинской пород по SNP *LEP-A422B*; определение ассоциаций изучаемого полиморфизма с некоторыми показателями прижизненной и послеубойной оценки мясной продуктивности.

**Методика.** Научно-хозяйственный опыт проводился в 2014-2017 гг. Объектами исследования являлись

бычки герефордской породы в количестве 114 голов (вторая и третья отечественная генерация австралийских герефордов, ООО «САВА-Арго-Усень») и лимузинской породы в количестве 111 голов (четвертое поколение, полученное поглотительным скрещиванием симментальских коров с быками французской селекции, «САВА-Агро-Япрык»). Хозяйства являются племенными заводами. Разведение скота осуществляется по стойлово-пастбищной технологии с элементами ресурсосбережения [11].

Генотипирование осуществлялось в лаборатории ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института племенного дела и в лаборатории молекулярной генетики Башкирского государственного аграрного университета. Выделение ДНК проводили общепринятыми методами [3]. Полиморфность гена *LEP* определяли методом ПЦР-ПДРФ с использованием праймеров: F: 5'-tgg-agt-ggc-ttg-tta-ttt-tct-tct-3'; R: 5'-gtc-ccc-gct-tct-ggc-tac-cta-act-3'. Амплификаты гена расщепляли эндонуклеазой *Sau3AI*. Число и длину рестриционных фрагментов определяли электрофоретически в 7,5%-ном ПААГе в УФ-свете после окрашивания бромистым этидием. Для анализа гелей применяли геледокументирующую систему Gel Doc XR и прилагаемое к ней программное обеспечение Image Lab версия 2.0 «DNA-analyser». Размеры рестриционных фрагментов: *LEP<sup>AA</sup>* – 390,32 пн; *LEP<sup>AB</sup>* – 390,303,88,32 пн; *LEP<sup>BB</sup>* – 303,88,32 пн.

Из бычков различных генотипов по SNP *LEP-A422B* методом аналогов по живой массе и развитию были сформированы три группы: в I группу вошли животные с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* (n=20), во II – с генотипом *LEP<sup>AB</sup>* (n=20) и в III – бычки с генотипом *LEP<sup>BB</sup>* (n=10). Оценка динамики живой массы проводилась по результатам контрольных взвешиваний телят в возрасте 8, 12, 16 и 20 месяцев. Для оценки линейного роста в возрасте 8 и 20 месяцев определялись линейные и объемные промеры статей тела молодняка: высота в холке, обхват груди за лопатками, ширина груди за лопатками, глубина груди, косая длина туловища, обхват пясти и полуобхват зада; вычислялись индексы телосложения: грудной, сбитости, костистости, массивности, мясности, растянутости.

Убой животных проводился в условиях мясокомбината САВА. Для послеубойной оценки мясной продуктивности из туш бычков различных генотипов были сформированы партии: I – из туш, полученных от животных с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* (n=10), II – с генотипом *LEP<sup>AB</sup>* (n=10), III – из туш бычков с генотипом *LEP<sup>BB</sup>* (n=5). Показатели качества туш бычков различных генотипов определялись по ГОСТ 33818-2016: «Мясо. Говядина высококачественная. Технические условия».

Статистическую обработку результатов проводили стандартным методом с использованием программного приложения «Excel» из пакета «Microsoft Office».

**Результаты и обсуждение.** Данное исследование является продолжением ранее проведенного научного эксперимента по генотипированию по SNP *LEP-A422B* бычков герефордской и лимузинской пород [12], в результате которого нами не были выявлены животные с генотипами *LEP<sup>BB</sup>*. Результаты генотипирования расширенной выборки подопытных животных, полученные в настоящем опыте, позволили определить все три генотипа. Выявлено сходное распределение генотипов

Табл. 1. Динамика живой массы

Возраст, мес	Порода/генотип					
	герефордская (n=50)			лимузинская (n=50)		
	AA (n=20)	AB (n=20)	BB (n=10)	AA (n=20)	AB (n=20)	BB (n=10)
При рождении	33,4±0,32	32,9±0,35	33,7±0,35	34,0±0,31	34,2±0,30	33,6±0,34
8	250,5±1,41	248,9±2,20	246,5±1,71	265,11±5,96	260,9±1,46	255,33±1,35
12	364,1±2,04	359,4±2,39	356,6±12,0	378,4±3,14	376,5±2,84	368,9±2,99
16	474,9±3,89	469,8±3,80	469,7±5,30	491,9±3,62	489,6±3,18	482,5±3,75
20	575,9±5,58	572,2±4,17	571,3±8,64	604,7±3,74	599,4±2,86	589,3±5,38

Табл. 2. Результаты убоя бычков

Показатель	Порода/генотип					
	герефордская			лимузинская		
	AA (n=10)	AB (n=10)	BB (n=5)	AA (n=10)	AB (n=10)	(n=5)
Предубойная живая масса, кг	555,5±6,30	552,3±3,68	553,0±4,70	583,5±5,11	577,4±4,45	570,3±6,70
Масса парной туши, кг	327,2±3,15	324,2±2,50	324,6±4,64	349,3±2,25	346,4±4,11	341,0±3,69
Выход туши, %	58,9±0,48	58,7±0,44	58,7±0,61	59,9±0,77	60,0±1,45	59,8±0,98
Масса внутреннего жира-сырца, кг	19,11±0,08	19,51±0,06*	19,57±0,05*	17,80±0,09	18,20±0,07*	18,30±0,09*
Выход жира, %	3,44±0,02	3,53±0,02*	3,54±0,03*	3,05±0,01	3,20±0,02*	3,20±0,01*
Убойная масса, кг	346,3±4,35	343,7±3,23	344,2±3,63	367,1±2,50	364,6±1,67	359,3±4,11
Убойный выход, %	62,3±0,24	62,2±0,30	62,2±0,21	62,9±0,15	63,1±0,21	63,0±0,16

\*P<0,05 по сравнению с генотипом AA

у животных обеих пород. Так, у бычков герефордской и лимузинской пород частота встречаемости генотипа  $LEP^{AA}$  была 47,34% и 52,25%;  $LEP^{AB}$  – 4,35% и 37,84%;  $LEP^{BB}$  – 12,28% и 9,91%, соответственно. У герефордских бычков частоты аллелей  $LEP^A$  и  $LEP^B$  составили 0,68 и 0,32; у лимузинских – 0,71 и 0,29. Полученные данные отчасти согласуются с результатами отечественных и зарубежных ученых, установивших при изучении полиморфизма лептина преобладание гетерозиготного генотипа, за счет чего частота встречаемости аллеля  $LEP^T$  у герефордского скота приближается к 0,48 и у лимузинского – 0,44 [13], в других исследованиях у этих же пород скота аллель  $LEP^T$  встречается с частотой 0,42 и 0,40, соответственно [7].

Динамика живой массы бычков различных генотипов по гену лептина приводится в таблице 1.

На фоне отсутствия достоверных межгрупповых различий отмечена тенденция незначительного увеличения живой массы у бычков по генотипам в направлении  $LEP^{BB} \rightarrow LEP^{AB} \rightarrow LEP^{AA}$ . У герефордских бычков с генотипом  $LEP^{AA}$  живая масса превышала показатель сверстников с генотипами  $LEP^{AB}$  и  $LEP^{BB}$  в 8-ми месячном возрасте на 0,6% и 1,6%; а в 20-ти месячном – на 0,63% и 0,79%; у лимузинских бычков, соответственно, на 1,57% и 3,69%; 0,83% и 2,54%. Живая масса бычков лимузинской породы во все возрастные периоды была больше аналогичного показателя герефордских сверстников. Полученные данные согласуются с результатами, полученными Н.Ю. Сафиной,

Ю.Р. Юльметьевой, Т.М. Ахметовым, Ш.К. Шакировым, Ф.Ф. Зиннатовой (2017), которые установили, что телки голштинской породы с генотипом  $LEP^{CC}$  имели более высокую массу в возрасте 6, 12 и 18 месяцев по сравнению со сверстниками генотипа  $LEP^{TT}$  [14].

Наряду с этим, наблюдалась тенденция незначительного превосходства бычков с генотипом  $LEP^{AA}$  в отношении величины промеров статей тела: высота в холке, обхват груди за лопатками, ширина груди за лопатками, глубина груди, косая длина туловища, обхват пясти и полуобхват зада. Анализ индексов мясной продуктивности свидетельствовал о гармоничном развитии телосложения молодняка обеих пород и подтвердил выраженность мясных форм у бычков всех генотипов по гену лептина.

Следует отметить, что туши, полученные от бычков всех групп, были отнесены к высшей категории В, поскольку были полномясными, с округлой, выпуклой, отлично развитой мускулатурой и широкими при осмотре в профиль. Результаты послеубойной оценки мясной продуктивности молодняка различных генотипов по гену лептина приводятся в таблице 2.

Табличные данные свидетельствуют о тенденции к увеличению послеубойных показателей в сторону  $LEP^{BB} \rightarrow LEP^{AB} \rightarrow LEP^{AA}$ . Разница между тушами животных генотипов  $LEP^{AA} > LEP^{BB}$  по показателям предубойной живой массы составила 0,45% (герефордская порода) и 2,26% (лимузинская порода); по массе парной туши – 0,79% и 2,38%; по выходу туши – 0,20%

Табл. 3. Морфологический состав туш

Показатель	Порода/генотип					
	герефордская			лимузинская		
	AA (n=10)	AB (n=10)	BB (n=5)	AA (n=10)	AB (n=10)	BB (n=5)
Масса охлажденной полутуши, кг	161,0±2,11	159,5±1,36	160,1±1,79	171,9±2,01	170,6±1,33	166,1±1,15
в т.ч. мякоть, кг	117,9±0,99	117,0±0,69	117,0±1,58	126,5±1,40	125,5±0,88	122,0±1,52
%	73,20	73,20	73,10	73,60	73,50	73,44
жир, кг	10,6±0,16	10,7±0,51	10,9±0,31*	11,5±0,17	11,5±0,14	11,7±0,09
%	6,60	6,70	6,90	6,70	6,70	7,04
кости, кг	27,4±0,28	27,0±0,31	27,1±0,42	28,7±0,15	28,6±0,14	27,5±0,17
%	17,00	16,90	17,00	16,70	16,80	16,56
сухожилия и хрящи, кг	5,1±0,05	5,1±0,09	5,1±0,12	5,1±0,11	5,0±0,12	4,9±0,18
%	3,20	3,20	3,20	3,00	3,00	2,95
Коэффициент мясности	4,32	4,34	4,32	4,41	4,40	4,43

\*P<0,05 по сравнению с генотипом AA

и 0,10%; по убойной массе – 3,50% и 2,12%, соответственно. Убойный выход был выше в тушах, полученных от герефордских бычков с генотипом  $LEP^{AA}$  (62,3%), и в тушах, полученных от лимузинских бычков гетерозиготного генотипа (63,1%). Отмечено, что жировых отложений в тушах бычков генотипов  $LEP^{BB}$  и  $LEP^{AB}$  больше, по сравнению с тушами от бычков с генотипом  $LEP^{AA}$ . У бычков герефордской породы ( $LEP^{BB}$ ,  $LEP^{AB}$ ) наблюдается достоверное увеличение ( $P \leq 0,05$ ) показателя массы внутреннего жира сырца на 2,35% и 2,05%; у лимузинских бычков – на 2,73% и 2,20%, соответственно. В тушах животных с указанными генотипами также достоверно ( $P \leq 0,05$ ) увеличивается выход жира на 0,10% и 0,09% (герефорды) и на 0,15% (лимузины). Полученные нами данные согласуются с исследованиями зарубежных ученых, которые считают, что полиморфизм гена лептина оказал влияние на липидный обмен и мясные качества иранского голштинского скота [15].

Морфологический состав туш бычков различных генотипов приводится в таблице 3.

Анализируя полученные данные, можно отметить тенденцию увеличения показателей массы охлажденной туши, и, соответственно, массы мякоти в тушах, полученных от животных генотипа  $LEP^{AA}$ . Так, в тушах герефордского и лимузинского скота этого генотипа процент содержания мякоти, в сравнении с тушами генотипа  $LEP^{BB}$ , был выше на 0,76% и 3,56%, соответственно. Отмечено достоверное увеличение ( $P \leq 0,05$ ) содержания жира в тушах бычков герефордской породы с генотипом, гомозиготным по второму аллелю, на 2,75% по сравнению с животными генотипа  $LEP^{AA}$ . У бычков лимузинской породы межгрупповая разница по этому показателю была недостоверна и составила 1,71%. Анализ коэффициентов мясности туш молодняка различных генотипов лимузинской породы выявил его колебания в пределах 4,41-4,43, герефордской породы – 4,32-4,34.

Таким образом, в результате генотипирования бычков герефордской и лимузинской пород нами установлено сходное распределение генотипов: частота встре-

чаемости аллеля  $LEP^A$  составила 0,68 и 0,71; аллеля  $LEP^B$  – 0,32 и 0,29, соответственно. Показано, что влияние полиморфизма гена лептина на исследованные показатели мясной продуктивности не зависит от породы подопытных животных. Так, у бычков обеих пород с генотипом  $LEP^{AA}$  отмечена тенденция увеличения показателей живой массы, предубойной живой массы, массы парной туши, выхода туши, убойной массы. Достоверный рост массы внутреннего жира-сырца и выхода жира в тушах наблюдается у бычков с генотипами  $LEP^{AB}$  и  $LEP^{BB}$ . В морфологическом составе туш у бычков герефордской породы с генотипом  $LEP^{BB}$  отмечена аналогичная ассоциация SNP  $LEP-A422B$  с содержанием жира.

#### Литература

1. Зиновьева Н.А., Костюнина О.В., Гладырь Е.А., Банникова А.Д., Харзинова В.Р., Ларионова П.В., Шавырина К.М., Эрнст Л.К. Роль ДНК маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных // Зоотехния. – 2010. – № 1. – С. 8–10.
2. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms on functional traits in Polish Holstein-Friesian cattle // Animal Science Papers and Reports. – 2010. – V.10. – P.133-141.
3. Калашикова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Павлова И.Ю., Ганченкова Т.Б., Дунин М.И., Приданова И.Е. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. – Лесные поляны: ВНИИ плем, 2015. – 35 с.
4. Yoon D.H., Cho B.H., Park B.L., Choi Y.H., Cheong H.S., Lee H.K., Chung E.R., Cheong I.C., Shin H.D., Yoon D.H., Cho B.H., Park B.L., Choi Y.H., Cheong H.S., Lee H.K., Chung E.R., Cheong I.C., Shin H.D. Polymorphic Bovine Leptin Gene // J.Anim.Sci. – 2005. – V.18. – №11. – P.1548-1551.
5. Curi A. Chardulo L.A.L., Arrigoni. M.D.B., Silveira A.C., Oliveira H.N. Associations between LEP, DGAT1 and FABP4 gene polymorphisms and carcass and meat traits in Nelore and crossbred beef cattle // Arrigoni Livestock Science. – 2011. – №135. – P. 244–250

6. Buchanan F.C., Fitzsimmons C.J., Van Kessel A.G., Thue T.D., Winkelman-Sim D.C., Schmutz S.M. Association of a missense mutation in bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels // *Genet. Sel. Evol.* – 2002. – №34. – P. 105-116.
7. Aviles C., Polvillo O., Pena F., Juarez M., Martinez A.L., Molina A. Associations between DGAT1, FABP4, LEP, RORC, and SCD1 gene polymorphisms and fat deposition in Spanish commercial beef // *Animal Biotechnology.* – 2015. – № 26(1). – P. 40-44.
8. Zwierzchowski L., Oprzadek J., Dymnicki E. An association of growth hormone, K-casein, B-lactoglobulin, Leptin and Pit1 loci polymorphism with growth rate and carcass traits in beef cattle // *Anim. Sci. papers and report.* – 2001. – V. 19. – № 1. – P. 65-77.
9. Anton I., Kovacs K., Hollo G., Farkas V., Lehel L., Hajda Z., Zsolnai A. Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary // *Livestock Science.* – 2011. – №135. – P. 300–303.
10. Carvalho T.D., Siqueira F., Júnior R.A.A.T., Medeiros S.R., Feijó G.L.D., Junior M.D.S., Blecha I.M.Z., Soares C.O. Association of polymorphisms in the leptin and thyroglobulin genes with meat quality and carcass traits in beef cattle // *Revista Brasileira de Zootecnia.* – 2012. – V.41. – №10. – P. 2162-2168.
11. Гизатуллин П.С., Седых Т.А. Адаптивная ресурсосберегающая технология производства говядины: монография. - Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2016 – 119 с.
12. Sedykh T.A., Kalashnikova L.A., Gusev I.V., Pavlova I.Yu., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Yu. Influence of TG5 and LEP gene polymorphism on qualitative meat composition in beef calves // *Iraqi Journal of Veterinary Sciences.* – 2016. – Т. 30. – № 2. – С. 41-48.
13. Шарипов А.А., Шакиров Ш.К., Юльметьева Ю.Р., Гафурова Л.И., Шарипов А.А. Молекулярно-генетические аспекты селекции мясного скота по марморности мяса // *Вестник мясного скотоводства.* – 2014. – Т. 2. – №.85. – С. 59-64.
14. Сафина Н.Ю., Юльметьева Ю.Р., Ахметов Т.М., Шакиров Ш.К., Зиннатова Ф.Ф. Ассоциация полиморфизма гена-кандидата лептин с энергией роста и физическим развитием голштинского крупного рогатого скота // *Ветеринарный врач.* – 2017. – № 6. – С. 52-56.
15. Sharifzadeh A., Doosti A. Investigation of leptin gene polymorphism in Iranian native cattle // *Bulg. J. Vet. Med.* – 2012. – V.15. – №2. – P. 86–92.

**Поступила в редакцию 01.06.20**  
**После доработки 08.06.20**  
**Принята к публикации 15.06.20**