

УДК 636.082:632.22/.28.082.13

DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91

**Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы**

*М.П. Дубовскова, Н.П. Герасимов*

*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)*

**Аннотация.** Контроль генетической структуры стада на основе антигенного спектра групп крови и ДНК-маркеров позволяет выявить долю внутривидовой изменчивости для дальнейшего отбора по заданным параметрам продуктивности. Целью наших исследований являлся анализ генетической структуры и изучение влияния полиморфных вариантов генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) на селекционные признаки герефордского скота. Частоту эритроцитарных антигенных факторов крови определяли в трёх половозрастных группах животных Дмитриевского типа герефордской породы: селекционное ядро коров, быки-производители и ремонтные бычки. Полиморфизм генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) изучали у первотёлок герефордской породы. Установлено, что большую долю в генетическое разнообразие популяции вносит быкопроизводящая группа коров (селекционное ядро). В ходе иммуногенетической аттестации установлены наиболее характерные факторы группы крови для Дмитриевского типа герефордской породы. В системе ЕАВ из 18 антигенов только G<sub>2</sub> (0,389-0,861 ед.), E'<sub>3</sub> (0,333-0,643 ед.) и I' (0,357-0,611 ед.) с большой частотой распределены среди всех половозрастных групп. При характеристике стада по гену гормона роста установлено, что частота генотипов VV на 9,6 % и на 33,4 % меньше, чем гетерозигот LV и гомозигот LL. Анализ структуры популяции по гену лептина показал, что частота генотипа AA больше на 54,8 % и на 66,6 % по сравнению с вариантами AV и VV. Наивысшую балльную оценку за общий вид и развитие, мускулатуру, грудь, холку, спину и поясницу получили животные с гомозиготами VV и AA по генам GH (L127V) и LEP/A80V. Также животные этих генотипов отличались большей массивностью. Однонуклеотидный полиморфизм в генах гормона роста и лептина связан с внутривидовой изменчивостью по весовому и линейному росту, балльной оценки конституции и экстерьера у группы первотёлок.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, герефордская порода, эритроцитарные антигены, живая масса, стати экстерьера, однонуклеотидный полиморфизм, GH L127V, LEP/A80V.

UDC 636.082:632.22/.28.082.13

**Genetic structure and association of growth hormone (L127V) and leptin (A80V) gene polymorphism with productivity in the North Caucasian population of the Hereford breed**

*Marina P Dubovskova, Nikolay P Gerasimov*

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)*

**Summary.** Control of genetic structure of a herd based on antigenic spectrum of blood groups and DNA markers makes it possible to reveal the proportion of intrapopulation variability for further selection according to the given parameters of productivity. The aim of our research was to analyze the genetic structure and study the effect of polymorphic variants of the growth hormone (L127V) and leptin (A80V) genes on the breeding characteristics of the Hereford cattle. The frequency of erythrocyte antigenic blood factors was determined in three sex and age groups of animals of the Dmitriev type of the Hereford breed: selection core of cows, sires and replacement bulls. The polymorphism of the growth hormone (L127V) and leptin (A80V) genes was studied in the Hereford fresh cows. It has been established that the bull-producing group of cows (selection core) contributes a lot in the genetic diversity of the population. In the course of immunogenetic certification, the most characteristic blood group factors for the Dmitriev type of

the Hereford breed were established. In the EAB system, out of 18 antigens, only G2 (0.389-0.861 units), E'3 (0.333-0.643 units) and I '(0.357-0.611 units) are distributed with a high frequency among all age and sex groups. When characterizing the herd by the growth hormone gene, it was found that the frequency of VV genotypes was 9.6% and 33.4% less than that of LV heterozygotes and LL homozygotes. Analysis of the population structure for the leptin gene showed that the frequency of the AA genotype is 54.8% higher and 66.6% higher compared to the AV and VV variants. Animals with VV and AA homozygotes for genes GH (L127V) and LEP / A80V received the highest scores for general appearance and development, muscles, chest, withers, back and loin. Also, animals of these genotypes were more massive. Single-nucleotide polymorphism in the genes of growth hormone and leptin is associated with intrapopulation variability in weight and linear growth, scoring of the constitution and conformation in a group of fresh cows.

**Key words:** cattle, Hereford breed, erythrocyte antigens, live weight, conformation stats, single nucleotide polymorphism, GH L127V, LEP/A80V.

### **Введение.**

Развитие отрасли мясного скотоводства в нашей стране позволяет рационально использовать имеющиеся генетический потенциал породных ресурсов (Амерханов Х.А. и др., 2010). Северо-кавказская популяция животных герефордской породы хорошо адаптирована к условиям умеренного климата Ставропольского края, при этом характеризуется высокими показателями продуктивности (Дубовскова М.П., 2015). В настоящее время селекционный процесс направлен на отбор с применением молекулярно-генетических исследований. Так, изучение генетической структуры стада позволяет выявить долю внутривидовой изменчивости для дальнейшего отбора по заданным параметрам продуктивности.

Анализ информационных данных, а также зарубежной и отечественной литературы позволил определить гены GH L127V и LEP/A80V как потенциальные маркеры мясной продуктивности и поставить вопрос об изучении их ассоциации с селекционными признаками герефордов для отбора животных в раннем возрасте (Солошенко В.А. и др., 2011).

Ген гормона роста GH (соматотропин) расположен на участке хромосомы 19 крупного рогатого скота и состоит из пяти экзонов и четырёх интронов. Наиболее изучена взаимосвязь мутации в пятом экзоне с продуктивностью крупного рогатого скота. Так, по данным Schlee P с соавторами (1994), полиморфизм на участке 2141 C>G (L127V) влияет на концентрацию гормона роста и инсулиноподобного фактора роста 1 в плазме крови крупного рогатого скота, что, по-видимому, воздействует на рост и развитие животных. Для мясных пород скота важным коммерческим показателем является скорость роста молодых животных, которая обусловлена в значительной степени и функцией соматотропина, который вызывает увеличение прироста живой массы (Бейшова И.С. и др., 2017).

Лептин (LEP) – гормон, играет важную роль в метаболизме, то есть регулирует накопление жировых отложений, а также весовой и линейный рост животных, развитие телосложения, функцию иммунной и воспроизводительной систем. Построен из 167 аминокислотных остатков, синтезируется преимущественно в жировой ткани, ген локализован в хромосоме 4 и имеет около 60 изученных однонуклеотидных полиморфизмов (Sedykh TA et al., 2016).

В гене гормона роста выявлены 10 однонуклеотидных полиморфизмов. Полиморфизмы в области промотра (4 ед.) имеют невысокий эффект для селекционных целей, так как нуклеотидные замены слабо влияют на экспрессию гена гормона роста. Функциональные замены в гене происходят в позициях 2141 C>G (лейцин-валин); 2258 C>T (аргинин-триптофан); 2277 C>T. В то время как в результате SNP 2291 A>C происходит тихая мутация. Полиморфизмы в экзоне 1 и интроне 3 не значительно влияют на показатели роста и мясную продуктивность. Мутация 2141 C>G существенно определяет интенсивность весового роста, а нуклеотидная замена в позиции 2258 C>T ассоциируется с массой туши (Lee J-H et al., 2013).

Ген лептина также является весьма полиморфным, в котором идентифицировали 27 нуклеотидных замен в области интронов и 8 SNP в области экзонов (3 – несинонимичные и 5 – тихие

мутации). Однонуклеотидный полиморфизм Ala80Val локализуется в третьем экзоне гена в позиции 239C>T и ассоциируется с изменчивостью фенотипических качеств и биологических функций у крупного рогатого скота (Yoon DH et al., 2005).

Таким образом, совмещая традиционную схему селекции по живой массе и экстерьеру с молекулярно-генетическими исследованиями поставлена задача определения полиморфизма гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с выявлением желательных аллелей, ассоциированных с признаками отбора.

#### **Цель исследования.**

Провести анализ генетической структуры, изучить влияние полиморфных вариантов генов гормона роста (GH L127V) и лептина (LEP A80V) на селекционные признаки герефордского скота.

#### **Материал и методы исследования**

**Объект исследования.** Животные герефордской породы северо-кавказской популяции: быки-производители (n=14), коровы (n=18), бычки (n=36), первотёлки (n=42) Дмитриевского типа.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и “The Guide for Care and Use of Laboratory Animals” (National Academy Press Washington, D.C. 1966). При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

**Схема эксперимента.** Исследования проводились в ОАО «Белокопанское» Ставропольского края. Для исследования состава и частоты эритроцитарных антигенных факторов крови были сформированы три группы животных Дмитриевского типа герефордской породы: быкопроизводящая группа коров (селекционное ядро), быки-производители и их потомки – ремонтные бычки.

Анализ антигенного спектра, частоты эритроцитарных антигенных факторов проводили по трём системам групп крови (ЕАА, ЕАВ, ЕАС). Для характеристики аллелофонда племенного поголовья по группам крови отбиралась цельная кровь из яремной вены. Цельную кровь вносили в пробирки с 600 мкл этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) до получения объёма 10 мл.

Полиморфизм генов гормона роста – GH (L127V) и лептина – LEP/A80V изучали у первотёлок герефордской породы ОАО «Белокопанское» Ставропольского края. На основе генотипирования были сформированы шесть подопытных групп первотёлок. Носители аллелей GH<sup>VV</sup> (n=8), GH<sup>LV</sup> и GH<sup>LL</sup> гормона роста составляли с I по III группы. Животные с генотипами LEP<sup>AA</sup>, LEP<sup>AV</sup>, LEP<sup>VV</sup> – с IV по VI группы.

Для проведения ПЦР применяли наборы «GenePakPCRCore», (IsoGeneLab, Москва). Для оценки полиморфизма генов гормона роста (GH) и лептина (LEP) проводили генотипирование методом ПЦР-ПДРФ на программируемом термоциклере «Терцик» с использованием праймеров, синтезированных в НПФ «Литех»: GH- (F: 5'-gct-gct-cct-gag-cct-tcg-3' и R: 5'-gcg-gcg-gca-ctt-cat-gac-cct-3'), LEP- (F: 5'-tgt-ctt-acg-tgg-agg-ctg-tgc-cca-gct-3' и R: 5'-agg-gtt-ttc-gtg-tca-tcc-tgg-acc-ttt-cg-3').

ПЦР-программа: 1) для гена GH: «горячий старт» – 5 мин при +95 °C; 35 циклов: денатурация – 45 с при +94 °C, отжиг – 45 с при +65 °C, синтез – 45 с при +72 °C; достройка – 7 мин при +72 °C; 2) для гена LEP: «горячий старт» – 5 мин при +95 °C; 30 циклов: +94 °C, 30 с – денатурация; отжиг праймеров – 40 с при температуре +62 °C; синтез ДНК – +72 °C, 40 с; достройка – при +72 °C, 7 мин.

Для рестрикции амплифицированных участков генов использовали эндонуклеазы: GH – *AluI*, LEP – *Eco9II*. Расщепление продуктов проводили при +37 °C, генотипы идентифицировали методом гель-электрофорез с визуализацией под УФ-светом. Идентификация продуктов для гена гормона роста: GH<sup>VV</sup> – 223 п. н.; GH<sup>LV</sup> – 223, 171, 52 п. н.; GH<sup>LL</sup> – 171, 52 п. н.; для гена лептина: LEP<sup>AA</sup> – 424 п. н.; LEP<sup>AV</sup> – 424, 398 и 26 п. н.; LEP<sup>VV</sup> – 398 и 26 п. н. Полученные продукты разделяли методом горизонтального электрофореза (в 1х трис-боратного буфера при напряжении 80 В в 2,5 %-ном агарозном геле с окрашиванием бромистого этидия. После чего гель анализировали в ультрафиолетовом свете

на трансиллюминаторе «UVT-1», фотографирование с помощью системы «VITran v.1.0». Определение длины фрагментов проводили с помощью маркера молекулярных масс «GenePakR DNA Ladder M 50» (IsoGene Lab, Москва).

В ходе эксперимента определяли живую массу и промеры, оценивали стати экстерьера.

**Оборудования и технические средства.** Исследования выполнялись на оборудовании лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (свидетельство ПЖ-77 № 008326 от 18.04.2018 г). Серологические тесты проводились в присутствии стандартных реагентов (база реагентов=51 ед.). «Терцик» («ДНК-технология», Россия). ДНК выделяли из крови животных с использованием набора реагентов «DIAtom<sup>tm</sup>DNAprep» («IsoGeneLab», Москва). Выход ДНК составил 3-5 мкг/100 мкл с OD 260/280 от 1,6 до 2,0 (Эковью УФ-1100). Для взятия промеров животных применяли инструменты: циркуль Вилькенса, палку Лидтина и мерную ленту (цена деления – 1 см), для взвешивания животных – весы «ВСП4-Ж» (Россия) (цена деления – 1 кг).

**Статистическая обработка.** Статистический анализ результатов проводился при помощи пакета статистических программ Statistica 10.0 («StatSoft Inc.», США). Влияние полиморфизма генов GH L127V и LEP A80V определяли однофакторным дисперсионным анализом (ANOVA), используя формулу:

$$\eta^2 = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2} \times 100\% \quad \eta^2 = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2} \times 100\%$$

где  $\eta^2$  – показатель влияния, %;

$\sigma_x^2$  – факториальная (межгрупповая) дисперсия;

$\sigma_y^2$  – общая дисперсия признака.

Сравнение результатов проводилось с использованием критерия Тьюки для неравных групп и критерия Фишера. За предел достоверности применялся параметр  $P \leq 0,05$ .

Частоту встречаемости определяли по формуле:

$$p = \frac{n}{Np} = \frac{n}{N},$$

где  $p$  – частота генотипа,

$n$  – количество особей, имеющих определённый генотип,

$N$  – число особей.

### Результаты исследований

Контроль генетической структуры созданного типа в герефордской породе на основе состава эритроцитарных антигенов свидетельствует о значительной внутривидовой изменчивости (табл. 1). При этом большую долю в генетическое разнообразие стада вносит быкопроизводящая группа коров (селекционное ядро). В частности, при иммуногенетической аттестации быков-производителей не выявлены антигены  $G_3$ ,  $O_2$ ,  $O_4$ ,  $Q'$  и  $G''$  в системе EAB, а также  $W_2$  и  $X_1$  – в системе EAC, у ремонтных бычков –  $O_2$ ,  $O_4$ ,  $G''$  в системе EAB, и  $R_1$  и  $X_1$  в – системе EAC. В то время как встречаемость указанных антигенов среди группы коров по системе EAB составляла 5,6-33,3 %, по системе EAC – 5,6-11,1 %.

Необходимо отметить довольно высокую частоту распространения антигенов  $B_2$  (2,5-28,6 %) и  $O_3$  (19,4-64,3 %) в иммуногенетическом профиле быков-производителей и ремонтных бычков. Напротив, среди маточного поголовья данные факторы крови не встречаются. Это объясняется различной интенсивностью селекции в разных половозрастных группах племенного скота. Так, при селекции ремонтных бычков (будущих быков-производителей) Дмитриевского типа важнейшим параметром отбора является происхождение молодняка. Таким образом, в эту группу попадают исключительно животные, полученные от искусственного осеменения. Приоритетом при селекции маточного стада является племенная ценность и материнские качества.

Таблица 1. Частота эритроцитарных антигенов в системах ЕАА, ЕАВ и ЕАС у герефордов Дмитриевского типа разных половозрастных групп /

Table 1. Frequency of erythrocyte antigens in the EAA, EAB and EAC systems in the Dmitrievsky type Herefords of different age and sex groups

| Система / System | Антиген / Antigens | Коровы (n=18) / Cows (n=18) | Ремонтные бычки (n=36) / Replacement bulls (n=36) | Быки-производители (n=14) / Sires (n=14) | Всего (n=68) / Total (n=68) |
|------------------|--------------------|-----------------------------|---|--|-----------------------------|
| ЕАА              | A <sub>1</sub>     | 0,166                       | 0,861   | 0,929                                    | 0,691                       |
|                  | A <sub>2</sub>     | 0,278                       | 0,417   | 0,429                                    | 0,382                       |
|                  | a                  | 0,833                       | 0,361   | 0,429                                    | 0,500                       |
| ЕАВ              | B <sub>2</sub>     | 0,000                       | 0,250   | 0,286                                    | 0,191                       |
|                  | E                  | 0,333                       | 0,472   | 0,286                                    | 0,397                       |
|                  | G <sub>2</sub>     | 0,389                       | 0,861   | 0,786                                    | 0,721                       |
|                  | G <sub>3</sub>     | 0,056                       | 0,028   | 0,000                                    | 0,029                       |
|                  | I <sub>1</sub>     | 0,111                       | 0,056   | 0,143                                    | 0,088                       |
|                  | I <sub>2</sub>     | 0,166                       | 0,194   | 0,500                                    | 0,250                       |
|                  | O <sub>1</sub>     | 0,166                       | 0,083   | 0,071                                    | 0,103                       |
|                  | O <sub>2</sub>     | 0,222                       | 0,000   | 0,000                                    | 0,059                       |
|                  | O <sub>3</sub>     | 0,000                       | 0,194   | 0,643                                    | 0,235                       |
|                  | O <sub>4</sub>     | 0,111                       | 0,000   | 0,000                                    | 0,029                       |
|                  | Y <sub>2</sub>     | 0,111                       | 0,361   | 0,571                                    | 0,338                       |
|                  | B'                 | 0,278                       | 0,139   | 0,071                                    | 0,162                       |
|                  | D'                 | 0,222                       | 0,139   | 0,071                                    | 0,147                       |
|                  | E' <sub>3</sub>    | 0,333                       | 0,611   | 0,643                                    | 0,544                       |
|                  | I'                 | 0,500                       | 0,611   | 0,357                                    | 0,529                       |
| O'               | 0,056              | 0,139                       | 0,357   | 0,162                                    |                             |
| Q'               | 0,333              | 0,167                       | 0,000   | 0,176                                    |                             |
| G''              | 0,056              | 0,000                       | 0,000   | 0,015                                    |                             |
| ЕАС              | C <sub>1</sub>     | 0,389                       | 0,667   | 0,643                                    | 0,588                       |
|                  | C <sub>2</sub>     | 0,889                       | 0,694   | 0,786                                    | 0,765                       |
|                  | R <sub>1</sub>     | 0,056                       | 0,000   | 0,071                                    | 0,029                       |
|                  | R <sub>2</sub>     | 0,500                       | 0,194   | 0,357                                    | 0,309                       |
|                  | W                  | 0,611                       | 0,472   | 0,357                                    | 0,485                       |
|                  | W <sub>2</sub>     | 0,111                       | 0,028   | 0,000                                    | 0,044                       |
|                  | X <sub>1</sub>     | 0,056                       | 0,000   | 0,000                                    | 0,015                       |
|                  | X <sub>2</sub>     | 0,111                       | 0,333   | 0,357                                    | 0,279                       |

Несмотря на существенную неоднородность частот эритроцитарных антигенов в разрезе разных половозрастных групп, в ходе иммуногенетической аттестации установлены наиболее характерные факторы группы крови для Дмитриевского типа герефордской породы. Так, в системе ЕАА типичной для рассматриваемой популяции является негативная аллель «а», встречаемость которой варьировала в пределах 36,1-83,3 %. В системе ЕАВ из 18 антигенов, выявленных в популяции, только G<sub>2</sub> (38,9-86,1 %), E'<sub>3</sub> (33,3-64,3 %) и I' (35,7-61,1 %) с большой частотой распределены среди всех половозрастных групп. Кроме того, 3 антигена в системе ЕАС характерны для нового типа герефордского скота: C<sub>1</sub> – с частотой 38,9-66,7 %, C<sub>2</sub> – 69,4-88,9 % и W – 35,7-61,1 %.

Селекция в племязаводе ОАО «Белокопанское» проводится по типу телосложения с учётом результатов молекулярно-генетических исследований. Установлено, что частота генотипов VV на 9,6 % и на 33,4 % меньше, чем гетерозигот LV и гомозигот LL гена GH (табл. 2).

Таблица 2. Ассоциация полиморфизма генов гормона роста (GH L127V), лептина (LEP/A80V) и селекционных признаков Herefordского скота ( $X \pm S_x$ )

Table 2. Association of polymorphism of genes of growth hormone (GH L127V), leptin (LEP/A80V) and breeding traits of the Hereford cattle ( $X \pm S_x$ )

| Показатель /<br>Indicator   | Ген / Gene |              |              |            |            |            |
|---|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|
|   | GH L127V   |              |              | LEP/A80V   |            |            |
|   | VV         | LV           | LL           | AA         | AV         | VV         |
| Частота, % /<br>Frequency, %  | 19,0       | 28,6         | 52,4         | 73,8       | 19,0       | 7,2        |
| n, гол. / n, heads  | 8          | 12           | 22           | 31         | 8          | 3          |
| Живая масса, кг<br>/ Live weight, kg  | 454,5±1,00 | 445,6±6,19   | 429,8±14,20* | 446,7±3,04 | 443,0±5,77 | 435,7±9,65 |
| Высота в<br>крестце, см /<br>Height at rump, cm                             | 128,5±0,90 | 125,9±0,61** | 126,5±0,65*  | 127,1±0,53 | 125,2±1,59 | 124,6±1,63 |
| Общий вид,<br>развитие, балл<br>/ General appearance,<br>development, score | 15,0±0,00  | 13,2±0,59    | 13,9±0,32    | 14,0±0,27  | 13,1±0,58  | 13,0±1,22  |
| Мускулатура,<br>балл, / Muscles,<br>score                                   | 9,3±0,46   | 9,0±0,30     | 9,2±0,22     | 9,3±0,18   | 8,5±0,35   | 8,6±0,81   |
| Голова и шея,<br>балл / Head<br>and neck, score                             | 5,0±0,00   | 5±0,39       | 4,7±0,09     | 4,8±0,08   | 4,3±0,19   | 4,7±0,40   |
| Грудь / Chest   | 10,0±0,00  | 9,0±0,30     | 9,36±0,21    | 9,4±0,17   | 8,7±0,39   | 9,3±0,82   |
| Холка, спина,<br>поясница, балл<br>/ Withers, back,<br>loin, score          | 14,0±0,69  | 12,9±0,57    | 12,8±0,30*   | 13,03±0,27 | 12,7±0,52  | 13,0±1,22  |
| Крестец, балл<br>/ Rump, score  | 8,0±0,00   | 8,0±0,00     | 8,1±0,09     | 8,0±0,00   | 8,0±0,00   | 8,0±0,00   |
| Окорок, балл /<br>Hock, score   | 8,0±0,00   | 7,8±0,17     | 8,0±0,00     | 7,9±0,07   | 8,0±0,00   | 8,0±0,00   |
| Вымя, балл /<br>Udder, score  | 15,0±0,00  | 14,5±0,35    | 14,4±0,26    | 14,5±0,22  | 15,0±0,00  | 15,0±0,00  |
| Конечности,<br>балл / Limbs, score  | 10,0±0,00  | 10,0±0,00    | 9,9±0,90     | 10,0±0,00  | 10,0±0,00  | 10,0±0,00  |
| Сумма баллов<br>/ Total scores  | 94,0±1,09  | 88,9±1,55**  | 90,1±0,94**  | 90,3±0,89  | 88,5±1,91  | 88,6±2,85  |

Примечание: достоверность межгрупповой разницы отдельно по генам GH и LEP \* –  $P \leq 0,05$ ;

\*\* –  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $P \leq 0,001$  относительно максимальной выраженности признака

Note: significance of intergroup difference separately for GH and LEP genes \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$ ;

\*\*\* –  $P \leq 0,001$  relative to the maximum severity of the trait

Частота генотипа AA гена лептина (A80V) больше на 54,8 % и на 66,6 % по сравнению с альтернативными вариантами AV и VV. Коровы с генотипами VV и AA по генам GH и LEP/A80V были более тяжеловесны, отличались выраженной массивностью, хорошо развитыми мясными

формами, о чём свидетельствует величина их живой массы. У животных с генотипом VV по гену GH установлено преимущество по этому показателю над сверстницами с аллелями LL на 24,7 кг (5,7 %;  $P \leq 0,05$ ). Носители гомозигот AA гена LEP (A80V) имели большую живую массу, разница составила 3,7-11,0 кг (0,8-2,5 %;  $P > 0,05$ ). Гетерозиготные генотипы LV и AV генов GH и лептина занимали промежуточное положение.

Аллель V гормона роста и A лептина в гомозиготной форме имеет положительное влияние на рост и развитие животных. Так, высота в крестце коров с генотипом VV (гена GH) и AA (лептина A80V) была больше, чем у сверстниц с другими аллельными формами. По сравнению с генотипами LV и LL гена GH их преимущество составило 2,6 см (2,0 %;  $P \leq 0,01$ ) и 2,0 см (1,6 %;  $P \geq 0,05$ ). По лептину с носителями аллелей AV и VV – на 1,9 см (1,5 %;  $P \geq 0,05$ ) и на 2,5 см (2,0 %;  $P \leq 0,05$ ) соответственно.

Анализ статей экстерьерера выявил особенности их оценки у животных разных генотипов. Так, большее количество баллов за общий вид и развитие, мускулатуру, грудь, холку, спину и поясницу получили животные с гомозиготами VV и AA по генам GH и LEP/A80V. Однако балльная оценка крестца, окорока, вымени и конечностей не имела принципиальных различий. Между тем сумма баллов за экстерьерную оценку большей была у коров-носителей генотипов VV и AA генов гормона роста и лептина. Преимущество составило 3,9-5,1 балла (4,3-5,7 %;  $P \leq 0,01$ ) по сравнению с генотипами LL и LV гормона роста и 1,8 балла (1,9 %;  $P \geq 0,05$ ) по сравнению с носителями гомо- и гетерозигот VV и AV лептина.

Выявлена тенденция большего влияния полиморфизма LEP A80V на значительное число селекционных признаков по сравнению с полиморфизмом гена GH (табл. 3).

Таблица 3. Влияние полиморфизма генов гормона роста и лептина на развитие конституции и экстерьера у тёлочек (%)

Table 3. Influence of growth hormone and leptin gene polymorphism on the development of constitution and conformation in heifers (%)

| Селекционный признак / <i>Selection trait</i>                | GH L127V   |                                     |      | Lep A80V   |                                     |      |
|--|--|-------------------------------------|------|--|-------------------------------------|------|
|  | сила влияния ( $\eta^2$ ), % / <i>power of influence</i> ( $\eta^2$ ), % | критерий Фишера (F) / <i>F-test</i> | P    | сила влияния ( $\eta^2$ ), % / <i>power of influence</i> ( $\eta^2$ ), % | критерий Фишера (F) / <i>F-test</i> | P    |
| Живая масса / <i>Live weight</i>                             | 2,93   | 0,56                                | 0,58 | 3,97   | 0,77                                | 0,47 |
| Высота в крестце / <i>Height at rump</i>                     | 9,63   | 1,97                                | 0,15 | 10,95  | 2,27                                | 0,12 |
| Общий вид, развитие / <i>General appearance, development</i> | 4,81   | 0,93                                | 0,40 | 8,87   | 1,80                                | 0,18 |
| Мускулатура / <i>Muscles</i>                                 | 0,83   | 0,15                                | 0,86 | 11,94  | 2,51                                | 0,10 |
| Голова и шея / <i>Head and neck</i>                          | 1,40   | 0,26                                | 0,77 | 13,09  | 2,79                                | 0,07 |
| Грудь / <i>Chest</i>   | 5,43   | 1,06                                | 0,36 | 8,41   | 1,70                                | 0,20 |
| Холка, спина, поясница / <i>Withers, back, loin</i>          | 1,98   | 0,37                                | 0,69 | 4,15   | 0,80                                | 0,46 |
| Крестец / <i>Rump</i>  | 2,10   | 0,40                                | 0,68 | -  | -                                   | -    |
| Вымя / <i>Udder</i>  | 3,15   | 0,60                                | 0,55 | 5,42   | 1,06                                | 0,36 |
| Окорок / <i>Hock</i>   | 5,98   | 1,18                                | 0,32 | 0,97   | 0,18                                | 0,83 |
| Конечности / <i>Limps</i>                                    | 2,10   | 0,40                                | 0,68 | 0,97   | 0,18                                | 0,83 |
| Сумма баллов / <i>Total scores</i>                           | 3,86   | 0,74                                | 0,48 | 6,19   | 1,22                                | 0,31 |

Так, сила влияния полиморфизма гена лептина A80V на живую массу и высоту в крестце первотёлочек была больше на 1,04 % и на 1,32 % по сравнению с влиянием на эти показатели полиморфизма гена гормона роста. Аналогичная ситуация выявлена по отношению к общему виду животного – преимущество составило 4,06 % и к статьям экстерьерера: на мускулатуру, голову и шею,

грудную клетку, холку, спину и поясницу – 2,1-11,6 %. Между тем на балльную оценку окорока и конечностей большее влияние оказывал ген гормона роста: разница составила 5,0 % и 1,1 %.

#### **Обсуждение полученных результатов.**

Отечественными и зарубежными учёными накоплен значительный материал в области изучения одиночных нуклеотидных полиморфизмов (SNP), связанных с продуктивностью мясного скота (Зиновьева Н.А. и др., 2010; Косян Д.Б. и др., 2018; Ardici S et al., 2017; Tait RG Jr et al., 2014). Разнообразие генетической структуры популяции по частотам аллельных форм обеспечивает материал для отбора желательных генотипов (Джуламанов К.М. и др., 2010). В наших исследованиях у первотёлок частота гомозигот VV, LL и гетерозиготы LV равнялась 19 %, 52,4 % и 28,6 %. Ранее проведённые исследования частоты аллелей у быков-производителей этой популяции выявил сравнительно одинаковые данные: гомозигот (VV) и гетерозигот (LV) в гене GH оказалось: 22,0 и 28,0 %, с явным преимуществом (50,0 %) гомозигот LL (Dubovskova MP et al., 2019). Такое распределение различных вариантов гена гормона роста (L127V) способствует организации целенаправленной MAS-селекции для повышения частоты встречаемости желательных аллельных форм (Горлов И.Ф. и др., 2014). Генотип GH<sup>VV</sup> ассоциирован с повышенной интенсивностью роста и лучшим развитием статей экстерьера (Lee J-H et al., 2013). В наших исследованиях носители гомозигот VV выделялись на фоне сверстниц лучшей оценкой за конституцию и экстерьер на 3,9-5,1 балл ( $P \leq 0,01$ ), сочетая при этом массивность на 8,9-24,7 кг ( $P \geq 0,05$ ,  $P \leq 0,05$ ) и высокорослость – на 2,0-2,6 см ( $P \leq 0,05-0,01$ ). Вероятно, действие гормона роста обусловлено активацией развития костяка, хрящей и скелетных мышц, что в свою очередь, способствовало формированию статей экстерьера животного.

Выполняемая задача лептина – регуляция потребления питательных веществ, нормализация обменных процессов, локализация жира (Ковалюк Н.В. и др., 2015). Однонуклеотидный полиморфизм в гене лептина связан с липидным обменом у бычков мясных пород, что отражается на их количественных и качественных показателях мясной продуктивности (Sedykh TA et al., 2016). Результаты наших исследований свидетельствуют, что носители разных вариантов LEP A80V имеют различия по живой массе, высоте в крестце и балльной оценке за конституцию и экстерьер. На наш взгляд, это связано с различной интенсивностью жирового обмена, которые подтверждаются опытом Lusk JL (2007). Так, Arango JA с соавторами (2002) сообщают, что развитие подкожной жировой клетчатки у мясных пород скота определяет их весовой и линейный рост, формирование конституции и экстерьера. В наших исследованиях более предпочтительным для племенных герефордских стад является гомозиготный генотип AA, частота встречаемости которого в популяции составляла 73,8 %.

#### **Выводы.**

Исследована генетическая структура северо-кавказской популяции герефордского скота по частоте встречаемости эритроцитарных антигенов в системах групп крови EAA, EAB и EAC, а также по полиморфным вариантам генов GH L127V и LEP A80V. При иммуногенетической характеристике стада выявлены типичные антигенные факторы, свойственные для Дмитриевского типа. Однонуклеотидный полиморфизм в генах гормона роста и лептина связан с внутрипопуляционной изменчивостью по весовому и линейному росту, балльной оценке конституции и экстерьера у группы первотёлок.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0012)**

#### **Литература**

1. Ассоциация полиморфных генов соматотропного каскада с показателями роста у скота казахской белоголовой / И.С. Бейшова, Е.В. Белая, Т.В. Поддудинская, Е.С. Усенбеков, В.П. Терлецкий // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 5. С. 158-163. [Beyshova IS, Belaya EV,

Poddudinskaya TV, Usenbekov ES, Terletsky VP. Association of polymorphic genes of somatotropine cascade with growth indicators of cathagic white-breed cattle. *Modern Science Success*. 2017;2(5):158-163. *(In Russ)*].

2. Влияние полиморфизма генов тиреоглобулина и соматотропина на интенсивность роста крупного рогатого скота / В.А. Солошенко, Г.М. Гончаренко, Б.О. Инербаев и др. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. № 1. С. 55-58. [Soloshenko VA, Goncharenko GM, Inerbaev BO et al. Effect of polymorphism in GH and thyroglobulin genes on growth rate in cattle. *Problems of the biology of productive animals*. 2011;1:55-58. *(In Russ)*].

3. Генетическая характеристика основных мясных пород крупного рогатого скота / К.М. Джуламанов, Ш.А. Макаев, М.П. Дубовскова, Л.Г. Сурундаева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 6. С. 70-72. [Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Dubovskova MP, Surundaeva LG. Genetic performance of basic meat cattle breeds. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. 2010;6:70-72. *(In Russ)*].

4. Генетические ресурсы герефордской, казахской белоголовой пород и их взаимодействие в селекции: монография / Х.А. Амерханов, Ф.Г. Каюмов, М.П. Дубовскова, А.М. Белоусов. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 352 с. [Amerhanov HA, Kayumov FG, Dubovskova MP, Belousov AM. *Geneticheskie resursy gerefordskoj, kazakhskoj belogolovoi porod i ikh vzaimodeistvie v seleksii: monografiya*. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh»; 2010:352 p. *(In Russ)*].

5. Дубовскова М.П. Продуктивные качества герефордов разных генотипов // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 1(13). С. 47-50. [Dubovskova MP. Reproductive qualities of herefords of different genotypes. *Vestnik Kurganskoi GSKhA.* 2015;1(13):47-50. *(In Russ)*].

6. Косян Д.Б., Мирошников С.А., Русакова Е.А. Оценка взаимосвязи полиморфизма гена CAST с структурно-механическими свойствами мяса бычков калмыцкой породы крупного рогатого скота // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 4. С. 14. [Kosyan DB, Miroshnikov SA, Rusakova EA. Assessment of relationship of CAST gene polymorphism with the structural and mechanical properties of the meat of Kalmyk gobies of cattle. *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2018;4:14. *(In Russ)*]. doi: 10.24411/2304-9081-2019-14022

7. Полиморфизм аллелей гена LEP у субпопуляции крупного рогатого скота айрширской породы / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук, А.Е. Волченко, Е.В. Мачульская // Генетика. 2015. Т. 51. № 2. С. 266-270. [Kovaljuk NV, Satsuk VF, Volchenko AE, Machulskaja EV. LEP gene allelic polymorphism in a subpopulation of ayrshire cattle. *Russian Journal of Genetics*. 2015;51(2):266-270. *(In Russ)*]. doi: 10.7868/S0016675815020101

8. Полиморфизм генов bGH, RORC и DGAT1 у мясных пород крупного рогатого скота / И.Ф. Горлов, А.А. Федюнин, Д.А. Ранделин, Г.Е. Сулимова // Генетика. 2014. Т. 50. № 12. С. 1448-1454. [Gorlov IF, Fedunin AA, Randelin DA, Sulimova GE. Polymorphisms of bGH, RORC, and DGAT1 genes in Russian beef cattle breeds. *Russian Journal of Genetics*. 2014;50(12):1448-1454. *(In Russ)*]. doi: 10.7868/S0016675814120030

9. Роль ДНК маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Е.А. Гладырь и др. // Зоотехния. 2010. № 1. С. 8-10. [Sinoveva NA et al. Role of DNA markers of productive traits of agricultural animals. *Zootechniya*. 2010;1:8-10. *(In Russ)*].

10. Arango JA, Cundiff LV, Van Vleck LD. Comparisons of Angus, Braunvieh, Chianina, Hereford, Gelbvieh, Maine Anjou, and Red Poll sired cows for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score. *Journal of Animal Science* 2002;80(12):3133-3141. doi: <https://doi.org/10.2527/2002.80123133x>

11. Ardicli S, Samli H, Dincel D, Soyudal B, Balci F. Individual and combined effects of CAPN1, CAST, LEP and GHR gene polymorphisms on carcass characteristics and meat quality in Holstein bulls. *Arch. Anim. Breed.* 2017; 60(3):303-313. doi: <https://doi.org/10.5194/aab-60-303-2017>

12. Dubovskova MP, Selionova MI, Chizhova LN, Surzhikova ES, Gerasimov NP, Mikhailenko AK, Dolgashova MA. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;341:012052. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012052
13. Lee J-H, Lee Y-M, Lee J-Y, Oh D-Y, Jeong D-J, Ki J-J. Identification of single nucleotide polymorphisms (SNPs) of the bovine growth hormone (bGH) gene associated with growth and carcass traits in hanwoo. Asian Australas. J. Anim. Sci. 2013;26(10):1359-1364. doi: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13248>
14. Lusk JL. Association of single nucleotide polymorphism in the leptin gene with body weight and backfat growth curve parameters for beef cattle. Journal of Animal Science. 2007;85:1865-1872. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-665>
15. Schlee P, Graml R, Schallenberger E, Schams D, Rottmann O, Olbrichbludau A, Pirchner F. Growth hormone and insulin-like growth factor 1 concentration in bulls of various growth hormone genotypes. Theoretical and Applied Genetics. 1994;88(3-4):497-500. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00223667>
16. Sedykh TA, Kalashnikova LA, Gusev IV, Pavlova IYu, Gizatullin RS, Dolmatova IYu. Influence of TG5 and LEP gene polymorphism on quantitative and qualitative meat composition in beef calves. Iraqi Journal of Veterinary Sciences. 2016;30(2):41-48. doi: 10.33899/ijvs.2016.121382
17. Tait RGJr, Shackelford SD, Wheeler TL, King DA, Keele JW, Casas E, Smith TPL, Bennett GL. CAPN1, CAST, and DGAT1 genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in a beef cattle population selected for haplotype and allele equalization. Journal of Animal Science. 2014;92(12):5382-5393. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8211>
18. Yoon DH, Cho BH, Park BL, Choi YH, Cheong HS, Lee HK, Chung ER, Cheong IC, Shin HD. Highly polymorphic bovine leptin gene. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 2005;18(11):1548-1551. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1548>

#### References

1. Beyshova IS, Belaya EV, Poddudinskaya TV, Usenbekov ES, Terletsky VP. Association of polymorphic genes of somatotropine cascade with growth indicators of cathagic white-breed cattle. Modern Science Success. 2017;2(5):158-163.
2. Soloshenko VA, Goncharenko GM, Inerbaev BO et al. Effect of polymorphism in GH and thyroglobulin genes on growth rate in cattle. Problems of the biology of productive animals. 2011;1:55-58.
3. Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Dubovskova MP, Surundaeva LG. Genetic performance of basic meat cattle breeds. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2010;6:70-72.
4. Amerhanov HA, Kayumov FG, Dubovskova MP, Belousov AM. Genetic resources of the Hereford, Kazakh white-headed breeds and their interaction in breeding: monograph. Moscow: FGUN «Rosinformagrotekh»; 2010:352 p.
5. Dubovskova MP. Reproductive qualities of herefords of different genotypes. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2015;1(13):47-50.
6. Kosyan DB, Miroshnikov SA, Rusakova EA. Assessment of relationship of CAST gene polymorphism with the structural and mechanical properties of the meat of Kalmyk gobies of cattle. Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2018;4:14. doi: 10.24411/2304-9081-2019-14022
7. Kovaljuk NV, Satsuk VF, Volchenko AE, Machulskaja EV. LEP gene allelic polymorphism in a subpopulation of ayrshire cattle. Russian Journal of Genetics. 2015;51(2):266-270. doi: 10.7868/S0016675815020101
8. Gorlov IF, Fedunin AA, Randelin DA, Sulimova GE. Polymorphisms of bGH, RORC, and DGAT1 genes in Russian beef cattle breeds. Russian Journal of Genetics. 2014;50(12):1448-1454. doi: 10.7868/S0016675814120030
9. Sinoveva NA et al. Role of DNA markers of productive traits of agricultural animals. Zootechniya. 2010;1:8-10.
10. Arango JA, Cundiff LV, Van Vleck LD. Comparisons of Angus, Braunvieh, Chianina, Hereford, Gelbvieh, Maine Anjou, and Red Poll sired cows for weight, weight adjusted for body condition

score, height, and body condition score. *Journal of Animal Science* 2002;80(12):3133-3141. doi: <https://doi.org/10.2527/2002.80123133x>

11. Ardicli S, Samli H, Dincel D, Soyudal B, Balci F. Individual and combined effects of CAPN1, CAST, LEP and GHR gene polymorphisms on carcass characteristics and meat quality in Holstein bulls. *Arch. Anim. Breed.* 2017; 60(3):303-313. doi: <https://doi.org/10.5194/aab-60-303-2017>

12. Dubovskova MP, Selionova MI, Chizhova LN, Surzhikova ES, Gerasimov NP, Mikhailenko AK, Dolgashova MA. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;341:012052. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012052

13. Lee J-H, Lee Y-M, Lee J-Y, Oh D-Y, Jeong D-J, Ki J-J. Identification of single nucleotide polymorphisms (SNPs) of the bovine growth hormone (bGH) gene associated with growth and carcass traits in hanwoo. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2013;26(10):1359-1364. doi: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13248>

14. Lusk JL. Association of single nucleotide polymorphism in the leptin gene with body weight and backfat growth curve parameters for beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2007;85:1865-1872. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-665>

15. Schlee P, Graml R, Schallenberger E, Schams D, Rottmann O, Olbrichbludau A, Pirchner F. Growth hormone and insulin-like growth factor 1 concentration in bulls of various growth hormone genotypes. *Theoretical and Applied Genetics*. 1994;88(3-4):497-500. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00223667>

16. Sedykh TA, Kalashnikova LA, Gusev IV, Pavlova IYu, Gizatullin RS, Dolmatova IYu. Influence of TG5 and LEP gene polymorphism on quantitative and qualitative meat composition in beef calves. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 2016;30(2):41-48. doi: 10.33899/ijvs.2016.121382

17. Tait RGJr, Shackelford SD, Wheeler TL, King DA, Keele JW, Casas E, Smith TPL, Bennett GL. CAPN1, CAST, and DGAT1 genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in a beef cattle population selected for haplotype and allele equalization. *Journal of Animal Science*. 2014;92(12):5382-5393. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8211>

18. Yoon DH, Cho BH, Park BL, Choi YH, Cheong HS, Lee HK, Chung ER, Cheong IC, Shin HD. Highly polymorphic bovine leptin gene. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2005;18(11):1548-1551. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1548>

**Дубовскова Марина Павловна**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29,

**Герасимов Николай Павлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-912-35-89-617, e-mail: [nick.gerasimov@rambler.ru](mailto:nick.gerasimov@rambler.ru)

Поступила в редакцию 11 сентября 2020 г.; принята после решения редколлегии 14 сентября 2020 г.; опубликована 30 сентября 2020 г. / Received: 11 September 2020; Accepted: 14 September 2020; Published: 30 September 2020