

**Ассоциации полиморфизма генов *CAST*, *GH* у молодняка овец  
кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная  
с промерами статей тела и индексами телосложения**

Владимир Анিকেевич Погодаев<sup>1</sup>, Евгения Семёновна Суржилова<sup>1</sup>,  
Дарья Дмитриевна Евлагина<sup>1</sup>, Анатолий Нимеевич Арилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Ставропольский край, г. Михайловск, Россия

<sup>2</sup>Калмыцкий НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Элиста, Россия

e-mail: immunogenetika@yandex.ru

**Аннотация.** Для увеличения производства мясной продуктивности необходимо улучшение генетических ресурсов овец. Цель настоящей работы заключалась в установлении аллельного спектра генов кальпастина (*CAST*) и соматотропина (*GH*) и их ассоциаций с мясной продуктивностью у молодняка помесного поголовья с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная и выявлении влияния полиморфизма ген-маркеров на экстерьерные параметры молодняка. Объект исследования – ремонтный молодняк овец, выращенный в КФХ «Арл» Яшкульского района Республики Калмыкии. Методом ПЦР-ПДРФ определен аллельный спектр генов *CAST* и *GH* у молодняка помесей с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная. В гене кальпастин у помесного поголовья отмечено превосходство аллеля *CAST<sup>M</sup>* (0,78) над частотой встречаемости селекционно-значимого аллеля *CAST<sup>N</sup>* (0,22). По гену гормона роста молекулярно-генетический анализ показал, что у молодняка помесных овец частота встречаемости аллеля *GH<sup>A</sup>* составила 0,88, а частота встречаемости селекционно-значимого аллеля *GH<sup>B</sup>* 0,12. Сравнительный анализ живой массы животных с разными генотипами показал, что баранчики и ярочки носители гетерозиготных генотипов *CAST<sup>MN</sup>* и *GH<sup>AB</sup>* имеют более высокие показатели, чем их сверстники с гомозиготными генотипами *CAST<sup>MM</sup>* и *GH<sup>AA</sup>*. Описаны промеры статей экстерьера и индексы телосложения в зависимости от генотипов, поскольку их использование позволяет селекционерам определить тип конституции, индивидуальные особенности, степень и пропорциональность развития организма, возрастную изменчивость, кондиции и способность к той или иной продуктивности.

**Ключевые слова:** овцы; полиморфизм; гены; калмыцкая курдючная порода; шароле; промеры; индексы телосложения.

**Для цитирования:** Погодаев В. А., Суржилова Е. С., Евлагина Д. Д., Арилов А. Н. Ассоциации полиморфизма генов *CAST*, *GH* у молодняка овец кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная с промерами статей тела и индексами телосложения // Аграрный научный журнал. 2023. № 12. С. 122–128. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp122-128>.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

**Associations of *CAST*, *GH* gene polymorphism in young sheep with  
a blood type of ½ Charolais + ½ Kalmyk kurdyuchnaya  
with measurements of body articles and indices of physique**

Vladimir A. Pogodaev<sup>1</sup>, Evgenia S. Surzhikova<sup>1</sup>, Daria D. Evlagina<sup>1</sup>, Anatoly N. Arilov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Stavropol region, Mikhaylovsk, Russia

<sup>2</sup>Kalmyk Research Institute – branch of the FSBI “PAFSC RAS”, Elista, Russia

e-mail: immunogenetika@yandex.ru

**Abstract.** To increase the production of meat productivity, it is necessary to improve the genetic resources of sheep. The purpose of this work was to establish the allelic spectrum of the calpastatin (*CAST*) and somatotropin (*GH*) genes, and their associations with meat productivity in young animals of mixed stock with a bloodline of ½ Charolais + ½ Kalmyk chicken and to identify the effects of polymorphism of gene markers on the exterior parameters of young animals. The object of the study is the repair young sheep reared in the farm “Arl” of the Yashkul district of the Republic of Kalmykia. The PCR-PDRF method determined the allelic spectrum of genes: calpastatin (*CAST*), somatotropin (*GH*), in young hybrids with a blood type of ½ Charolais + ½ Kalmyk chicken. The superiority of the *CAST<sup>M</sup>* allele (0.78) over the frequency of occurrence of the selectively significant *CAST<sup>N</sup>* allele (0.22) was noted in the calpastatin gene in crossbreed livestock. According to the growth hormone gene, molecular genetic analysis showed that the frequency of occurrence of the *GH<sup>A</sup>* allele in young mixed sheep was 0.88, and the frequency of occurrence of the selectively significant *GH<sup>B</sup>* allele was 0.12. A comparative analysis of the live weight of animals with different genotypes showed that sheep and sheep carriers of heterozygous *CAST<sup>MN</sup>* and *GH<sup>AB</sup>* genotypes have higher live weight indicators than their peers with homozygous *CAST<sup>MM</sup>* and *GH<sup>AA</sup>* genotypes. Measurements



of articles of exterior and indices of physique depending on genotypes are described, since their use allows breeders to determine the type of constitution, individual characteristics, degree and proportionality of the development of the organism, age variability, condition and ability to a particular productivity.

**Keywords:** sheep; polymorphism; genes; kalmyk broad-tailed breed; charolais; measurements; physique indices.

**For citation:** Pogodaev V. A., Surzhikova E. S., Evlagina D. D., Arilov A. N. Associations of *CAST*, *GH* gene polymorphism in young sheep with a blood type of ½ Charolais + ½ Kalmyk kurduchnaya with measurements of body articles and indices of physique. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(12):122–128. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp122-128>.

**Введение.** Овцеводство – одна из наиболее социально значимых отраслей животноводства, которая в настоящее время играет очень важную роль. В современных условиях развития овцеводческой отрасли производство баранины требует наличия пород, характеризующихся высокой мясной продуктивностью и скороспелостью [3, 5]. Получение достоверной информации о потенциале продуктивности животных в раннем возрасте, а также о возможности максимально полного использования их генетического потенциала является необходимым условием повышения эффективности овцеводства [1].

Сочетание инновационных и традиционных методов селекции в работе находится на стадии становления, поскольку имеющиеся исследования еще недостаточны для широкой интеграции различных методов селекции [5]. Традиционные методы селекции успешно применяются для улучшения экономически важных для крупных сельскохозяйственных предприятий и ферм показателей. Благодаря быстрому развитию теории и технологий молекулярной биологии методы молекулярной генетики и геной инженерии в сочетании с традиционными методами отбора с помощью маркеров удается находить лучшие решения проблем селекции.

Генотипирование животных и идентификация носителей «желательных» аллелей в различных генах показали ряд достоверных ассоциаций с количественными и качественными признаками [1, 3]. Проведено немало исследований, касающихся генов, связанных с мясными признаками у различных пород овец, среди которых особый интерес представляют гены кальпастанин (*CAST*) и соматотропин (гормон роста (*GH*)) [2, 4, 6, 7–10].

Цель данного исследования – установление аллельного спектра генов их ассоциаций с показателями роста помесного молодняка кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная и выявление влияния полиморфизма ген-маркеров *CAST* и *GH* на экстерьерные параметры молодняка.

**Методика исследований.** Исследования проводили на молодняке помесных овец ( $n = 34$ ; кровность ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная), выращенных в КФХ «Арл» Яшкульского района Республики Калмыкии.

В аккредитованной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала «ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ» (ПЖ-77 № 010734 от 03.04.2023 г.) выполняли молекулярно-генетические исследования методом ПЦР-ПДРФ-анализа [2].

Живую массу подопытных животных определяли посредством индивидуального взвешивания с точностью до 0,1 кг. Для изучения роста и особенностей телосложения молодняка помесного поголовья с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная с помощью мерной палки и измерительной ленты были сняты промеры животных. Для полной характеристики степени развития молодняка на основании полученных данных были вычислены индексы телосложения.

Цифровой материал исследований обрабатывали с использованием компьютерных программ (Microsoft Office, BioStat) и методом вариационной статистики.

**Результаты исследований.** Результат проведенного ДНК-генотипирования показал, что в гене кальпастанин (*CAST*) у помесного поголовья с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная имеется превосходство в 3,5 раза аллеля *CAST<sup>M</sup>* (0,78) над частотой встречаемости селекционно-значимого аллеля *CAST<sup>N</sup>* (0,22). У молодняка выявлено преобладание гомозиготного *CAST<sup>MM</sup>* генотипа (62,0), тогда как частота встречаемости животных носителей селекционно-значимого аллеля *CAST<sup>N</sup>*, имеющих гетерозиготный генотип *CAST<sup>MN</sup>*, составила 32,0 %, а гомозиготный – 6,0 % (табл. 1).

По гену гормона роста молекулярно-генетический анализ методом ПЦР-ПДРФ показал, что у помесного молодняка овец частота встречаемости аллеля *GH<sup>A</sup>* составила 0,88, что в 7,3 раза выше в сравнении с частотой встречаемости селекционно-значимого аллеля *GH<sup>B</sup>* (0,12).

Анализируя данные распределения частоты встречаемости генотипов в выборках овец, выявлено отсутствие желательного гомозиготного *GH<sup>BB</sup>* генотипа. Отмечена наибольшая (76,0 %) частота встречаемости животных носителей гомозиготного генотипа *GH<sup>AA</sup>*, что почти в 3,2 раза превышала частоту встречаемости животных носителей селекционно-значимого аллеля *GH<sup>B</sup>*, имеющих гетерозиготный генотип *GH<sup>AB</sup>* (24,0 %).



Частота встречаемости аллелей и генотипов по генам *CAST* и *GH*

Генотип	n	Частота встречаемости ± sp	
		генотипов, %	аллелей
<i>CAST</i>			
<i>CAST<sup>MM</sup></i>	21	62,0	<i>CAST<sup>M</sup></i> – 0,78±0,049 <i>CAST<sup>N</sup></i> – 0,228±0,048
<i>CAST<sup>MN</sup></i>	11	32,0	
<i>CAST<sup>NN</sup></i>	2	6,0	
<i>GH</i>			
<i>GH<sup>AA</sup></i>	26	76,0	<i>GH<sup>A</sup></i> – 0,88±0,038 <i>GH<sup>B</sup></i> – 0,12±0,038
<i>GH<sup>AB</sup></i>	8	24,0	
<i>GH<sup>BB</sup></i>	0	0	

В дальнейших исследованиях животных разделили на две половозрастные группы и были изучены особенности роста помесного поголовья с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная с различными генотипами по генам кальпастина и гормона роста. По гену кальпастин выявлено только два животных носителя гомозиготного *CAST<sup>NN</sup>* генотипа, поскольку выборка по данному генотипу была очень маленькой, в дальнейших расчетах они не фигурировали.

Проведенный сравнительный анализ показал, что помесные баранчики с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная отличаются большей живой массой и преобладают над показателями ярочек независимо от генотипов (табл. 2). Однако было отмечено, что баранчики и ярочки носители гетерозиготных генотипов *CAST<sup>MN</sup>* и *GH<sup>AB</sup>* имеют более высокие показатели по живой массе, чем их сверстники с гомозиготными генотипами *CAST<sup>MM</sup>* и *GH<sup>AA</sup>*.

Таблица 2

Живая масса подопытных животных с различными генотипами по генам *CAST* и *GH*

Показатель	♂		♀	
	<i>CAST</i>			
Генотип	<i>CAST<sup>MM</sup></i> (n = 11)	<i>CAST<sup>MN</sup></i> (n = 5)	<i>CAST<sup>MM</sup></i> (n = 10)	<i>CAST<sup>MN</sup></i> (n = 6)
Живая масса, кг	39,97±0,60	41,2±0,41	36,36±0,51	36,58±0,93
<i>GH</i>				
Генотип	<i>GH<sup>AA</sup></i> (n = 13)	<i>GH<sup>AB</sup></i> (n = 4)	<i>GH<sup>AA</sup></i> (n = 13)	<i>GH<sup>AB</sup></i> (n = 4)
Живая масса, кг	41,10±0,51	41,95±0,64	35,91±0,44	37,04±0,96

Так, по гену кальпастин баранчики и ярочки с гетерозиготным *CAST<sup>MN</sup>* генотипом превосходили животных с гомозиготным *CAST<sup>MM</sup>* генотипом на 3,01 и 0,61 %, а по гену гормона роста гетерозиготные *GH<sup>AB</sup>* особи баранчиков и ярочек превосходили гомозиготных *GH<sup>AA</sup>* сверстников на 2,01 и 3,15 % соответственно.

Для изучения особенностей телосложения и влияния генотипов генов кальпастина и гормона роста были взяты следующие промеры: высота в холке, обхват груди за лопатками, глубина и ширина груди, длина головы, наибольшая ширина лба, ширина в седалищных буграх и маклоках, обхват пясти, высота в крестце.

Отмечено по гену кальпастин превосходство у баранчиков и ярочек с кровностью ½ шароле + ½ калмыцкая курдючная гетерозиготного генотипа *CAST<sup>MN</sup>* над сверстниками носителями гомозиготного *CAST<sup>MM</sup>* генотипа по высоте в холке, составившей 62,18 и 59,83 см против 61,95 и 59,53 см соответственно (рис. 1).

У поместного молодняка с генотипом *CAST<sup>MN</sup>* превосходство было по высоте в крестце, у баранчиков на 1,20 %, а у ярок на 0,91 % по сравнению с животными с генотипом *CAST<sup>MM</sup>*.

Гетерозиготные животные с генотипом *CAST<sup>MN</sup>* по ширине груди превосходили животных с гомозиготным генотипом *CAST<sup>MM</sup>*, баранчики на 1,86 %, а ярочки на 1,42 %. По глубине груди и обхвату груди во всех изучаемых генотипах как у баранчиков, так и у ярок преимущество имели гетерозиготные животные *CAST<sup>MN</sup>*, но разница с гомозиготным генотипом была небольшая.

Баранчики-носители гетерозиготного генотипа *CAST<sup>MN</sup>* по промерам (обхвату пясти, ширине в седалищных буграх, ширине лба и длине головы) имели почти аналогичные показатели с животными гомозиготного генотипа *CAST<sup>MM</sup>*. У ярочек по данным промерам преимущество было за носителями гетерозиготного генотипа *CAST<sup>MN</sup>*, по сравнению с аналогами *CAST<sup>MM</sup>*.



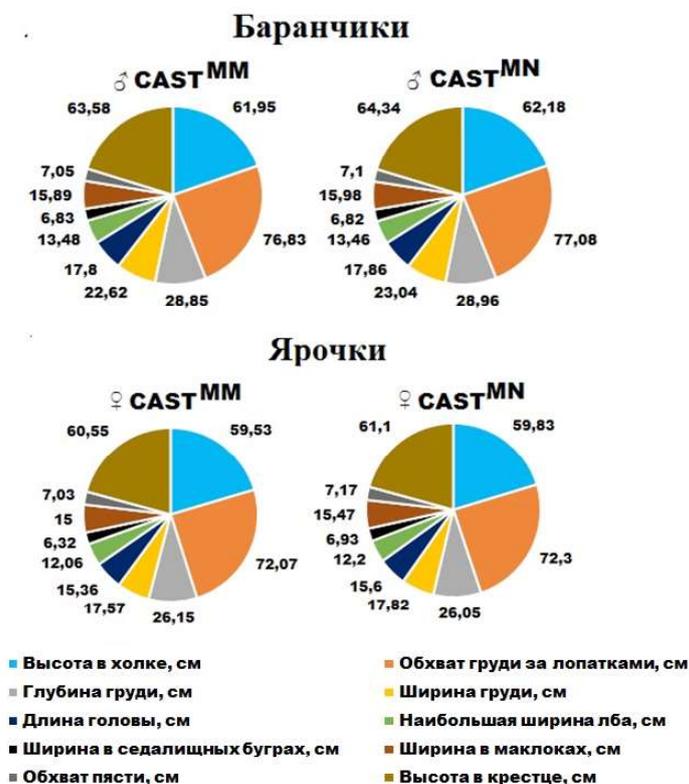


Рис. 1. Ассоциации полиморфизма гена *CAST* с линейными промерами помесных овец с кровностью  $\frac{1}{2}$  шароле +  $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная

Индексы телосложения относят к показателям, характеризующим гармоничность развития животных, они позволяют понять тип телосложения и дают возможность сопоставить животных друг с другом по экстерьеру (рис. 2).

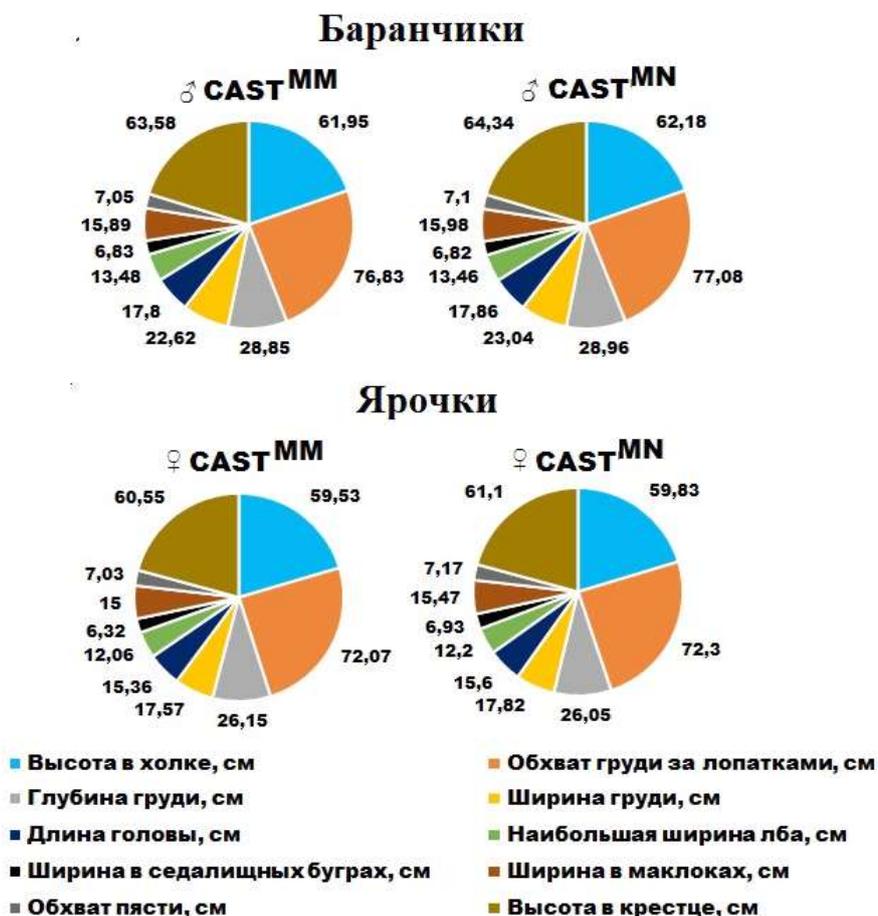


Рис. 2. Ассоциации полиморфизма гена *CAST* с индексами телосложения помесного молодняка овец с кровностью  $\frac{1}{2}$  шароле +  $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная





Расчеты показали, что по грудному и тазо-грудному индексу гетерозиготные баранчики  $CAST^{MN}$  превосходили сверстников с генотипами  $CAST^{MM}$  на 1,50 и 27,33 %, что подтверждает их лучшее развитие. У ярок-носителей гетерозиготного генотипа грудной индекс на 1,77 % больше, чем у сверстниц гомозиготного генотипа  $CAST^{MM}$ , однако тазо-грудной индекс у гетерозигот на 1,66 % меньше.

Результаты по индексу длинноности у ярок показывают незначительное преимущество гетерозиготных  $CAST^{MN}$  генотипов над генотипом  $CAST^{MM}$  на 0,70 %, тогда как у баранчиков отличия между генотипами не выявлены.

Необходимо отметить и индекс костистости, величина которого характеризует относительное развитие костяка. Так, у животных с генотипом  $CAST^{MN}$  он был больше у баранчиков на 0,44 %, а у ярок на 1,44 % относительно гомозиготных особей. Это свидетельствует о большей предрасположенности гетерозиготных особей к высокой мясной продуктивности.

Индекс перерослости был выше у гетерозиготных животных по сравнению с гомозиготным генотипом  $CAST^{MM}$  и составил у баранчиков 103,47, у ярок – 102,12. Этот индекс характеризует относительное развитие задних и передних конечностей в длину.

По индексам шилозадости и широколобости как у баранчиков, так и у ярок превосходство имели гомозиготные особи  $CAST^{MM}$  – 42,96; 75,74 и 42,13; 78,52 против гетерозиготных особей  $CAST^{MN}$  генотипа – 42,68; 39,87 и 75,36; 78,21.

Баранчики-носители гетерозиготного генотипа  $CAST^{MN}$  по индексам массивности и большеголовости имели аналогичные показатели с гомозиготным генотипом  $CAST^{MM}$ , тогда как гетерозиготные ярочки по индексу большеголовости на 1,05 % больше, а по массивности на 0,17 % меньше гомозиготных аналогов.

Поскольку промеры статей экстерьера напрямую связаны с выходом мяса и являются относительно важным показателем, характеризующим тип конституции и внешние формы животных, то они также были изучены и по гормону роста (рис. 3).

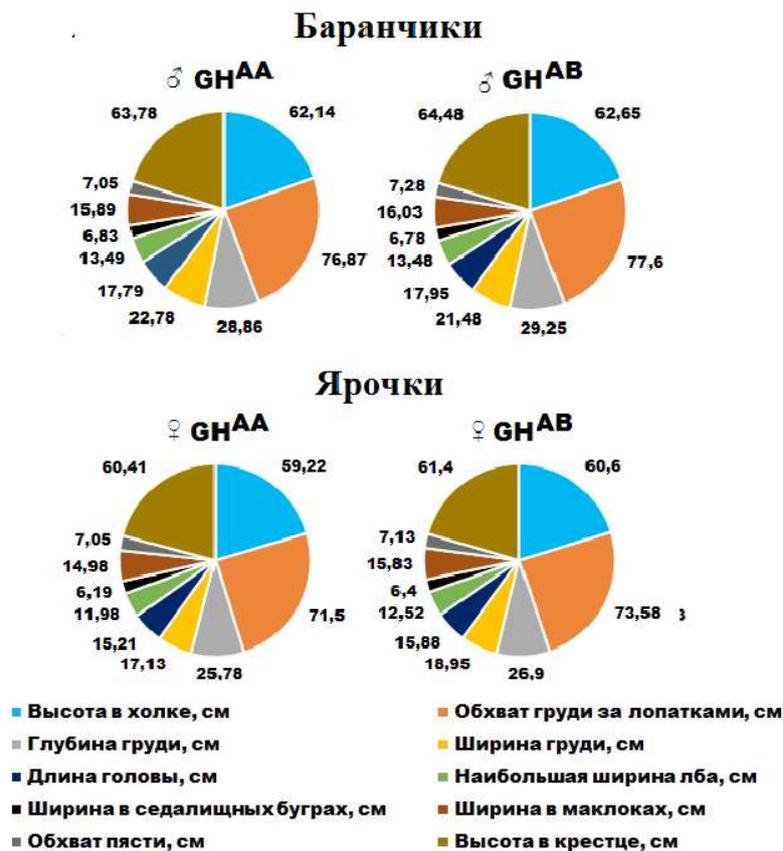


Рис. 3. Ассоциации полиморфизма гена GH с линейными промерами помесей с кровностью  $\frac{1}{2}$  шароле +  $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная

По высоте в холке баранчики-носители генотипа гетерозиготного генотипа  $GH^{AB}$  незначительно превосходили (на 0,82 %) своих сверстников, носителей гомозиготного генотипа  $GH^{AA}$ , в то же время в группе ярок данное превосходство составило 2,33 %.

Измерения глубины груди по гену гормона роста показали, что баранчики и ярочки с генотипом  $GH^{AB}$  в изучаемых половозрастных группах превосходили гомозиготных животных  $GH^{AA}$  по этому промеру на 1,35 и 4,34 % соответственно.

Превосходство на 6,05 % по промеру ширины в груди было отмечено у баранчиков-носителей гомозиготного генотипа  $GH^{AA}$  над животными, имеющими гетерозиготный генотип  $GH^{AB}$ . Однако у ярок данный показатель был выше на 10,62 % в группе гетерозиготных животных, составив 18,95 см, против 17,13 см у особей с гомозиготным генотипом  $GH^{AA}$ .

По обхвату груди преимущество было у баранчиков гетерозиготного генотипа  $GH^{AB}$  над животными с генотипом  $GH^{AA}$  – 0,95 %, у ярок – 2,91 %.

По таким показателям, как длина головы и ширина в маклоках во всех изучаемых генотипах как у баранчиков, так и у ярок преимущество имели гетерозиготные животные  $GH^{AB}$ . У баранчиков разница с гомозиготным  $GH^{AA}$  генотипом была небольшая – 0,90 и 0,88 %, однако в группе ярок гетерозиготные животные превосходили гомозиготных на 4,40 и 5,67 % соответственно.

По промерам наибольшая ширина лба и ширина в седалищных буграх у баранчиков превосходство имели гомозиготные особи  $GH^{AA}$  – 13,49 и 6,83 см, у гетерозиготных особей с генотипом  $GH^{AB}$  – 13,48 и 6,78 см. У ярок по данным показателям имели превосходства животные гетерозиготного генотипа.

По обхвату пясти и высоте в крестце превосходство у баранчиков гетерозиготного генотипа  $GH^{AB}$  составило 3,26 и 1,10 %, а у ярок – 1,13 и 1,64 % относительно сверстников гомозиготного  $GH^{AA}$  генотипа гена гормона роста.

Экстерьерную характеристику животных по гену гормона роста дополняли вычислением индексов телосложения (рис. 4).

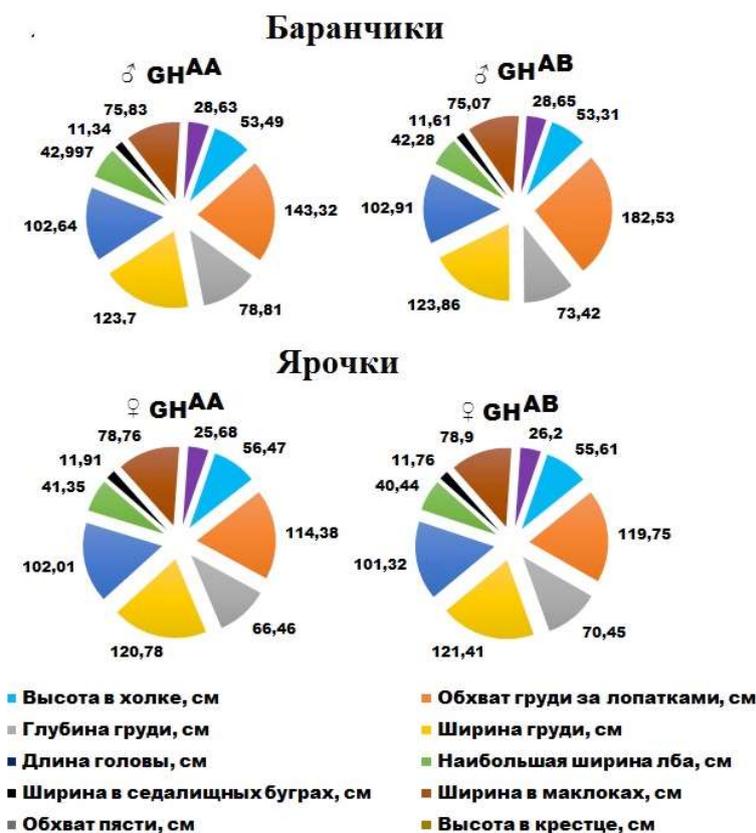


Рис. 4. Ассоциации полиморфизма гена  $GH$  с индексами телосложения помесного молодняка овец с кровностью  $\frac{1}{2}$  шароле +  $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная

У баранчиков и ярок наивысшие показатели тазо-грудного индекса отмечали у животных гетерозиготного генотипа  $GH^{AB}$  (182,53 и 119,75 см), превосходство данного показателя над гомозиготным генотипом  $GH^{AA}$  составляет 27,36 и 4,9 % соответственно. Кроме того, у ярок с генотипом  $GH^{AB}$  величина грудного индекса составила 70,45 см, превосходство относительно гомозиготных особей 6,0 %, у баранчиков по данному показателю превосходство было за особями с гомозиготным генотипом  $GH^{AA}$ .

Наименьшим показателем костистости отличались ярочки, носители генотипа  $GH^{AB}$ , что характеризует легкость костяка, однако у баранчиков индекс костистости был ниже у гомозиготных животных.

По индексу длинноности баранчики и ярочки, являющиеся носителями гомозиготного генотипа  $GH^{AA}$ , имели превосходство на 0,34 и 1,55 % над гетерозиготными животными с генотипом  $GH^{AB}$ .

У животных с генотипом  $GH^{AB}$  индекс массивности был на 0,13 % больше у баранчиков, у ярок на 0,52 % относительно гомозиготных особей.

Индексы перерослости и большеголовости были выше у баранчиков с гетерозиготным генотипом по сравнению с гомозиготным  $GH^{AA}$  – 102,91 и 28,65 см соответственно. По индексу шилозадости баранчики с гомозиготным генотипом  $GH^{AA}$  на 1,68 % превосходили гетерозиготных сверстников.



Ярочки-носители гомозиготного  $GH^{AA}$  генотипа по индексам перерослости (на 0,68) и шилозадости (на 2,25 %) больше животных гетерозиготного генотипа  $GH^{AB}$ . В то же время по индексу шилозадости и большеговлости ярочки с гетерозиготным генотипом  $GH^{AB}$  на 0,18 и 2,02 % превосходят гомозиготных сверстников.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований был установлен аллельный спектр генов  $CAST$ ,  $GH$  у молодняка помесных овец с кровностью  $\frac{1}{2}$  шароле +  $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная, который представлен двумя аллелями и тремя генотипами в каждом гене.

Проведенный сравнительный анализ показал, что баранчики и ярочки, являющиеся носители гетерозиготных генотипов  $CAST^{MN}$  и  $GH^{AB}$ , имеют более высокие показатели по живой массе, чем их сверстники с гомозиготными генотипами  $CAST^{MM}$  и  $GH^{AA}$ .

Изучены особенности телосложения и влияния генотипов генов кальпастина и гормона роста на промеры статей тела и индексы телосложения животных. Выявлено, что животные-носители гетерозиготных генотипов  $CAST^{MN}$  и  $GH^{AB}$  по некоторым промерам превосходили своих сверстников с гомозиготными  $CAST^{MM}$  и  $GH^{AA}$ .

Таким образом, информация о взаимосвязи показателей мясной продуктивности и аллельных вариантов маркерных генов открывает возможности для улучшения качественных показателей баранины. Необходимо проведение дальнейших исследований по выявлению комплексных генотипов по генам кальпастина и гормон роста с целью выявления их взаимодействия на продуктивные качества животных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДНК-маркеры в селекции овец / И.Ф. Горлов [и др.] // Инновации в производстве продуктов питания: от селекции животных до технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Пос. Персиановский, 2019. С. 164–167.
2. Изучение и проведение ДНК-тестирования сельскохозяйственных животных по генам, определяющим продуктивные качества: методические рекомендации / З. К. Гаджиев [и др.]. Ставрополь: Ставрополь-сервис-школа, 2022. 78 с. ISBN 978-5-6048650-3-3.
3. Морозов Н. М. Факторы и условия повышения эффективности производства продукции животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2017. № 2(26). С. 70–79.
4. Особенности полиморфизма генов  $GH$ -HaeIII,  $CAST$ -MspI у овец разных пород / А. И. Сувор [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 81–84. DOI 10.28983/asj.y2022i7pp81-84.
5. Племенному животноводству – инновационные, молекулярно-генетические, биотехнические технологии и современные кадры / И. Д. Арнаутский [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник: научно-практический журнал. 2017. № (43). С. 84–91.
6. Погодаев В. А., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д., Арилов А. Н. Аллельный спектр генов  $GDF9/BSTHHI$ ,  $CAST/MSPI$ ,  $GH/HAЕIII$  у овец калмыцкой курдючной породы и помесей с кровностью  $\frac{1}{2}$  дорпер +  $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная // Аграрный научный журнал. 2023. № 7. С. 81–85.
7. Погодаев В. А., Сергеева Н. В. Результативность скрещивания овцематок ставропольской породы с помесными баранами ( $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная +  $\frac{1}{2}$  дорпер) // Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 2. С. 28–32. DOI 10.26897/2074-0840-2022-2-28-32.
8. Погодаев В. А., Кононова Л. В., Адучиев Б. К. Полиморфизм генов кальпастина и соматотропина у овец калмыцкой курдючной породы и помесей ( $\frac{1}{2}$  калмыцкая курдючная +  $\frac{1}{2}$  дорпер) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3(47). С. 141–145. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145.
9. Полиморфизм генов  $CAST$ ,  $GH$ ,  $GDF9$  овец дагестанской горной породы / А. А. Оздемиров [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16. № 2(59). С. 39–44. DOI 10.18470/1992-1098-2021-2-39-44.
10. Полиморфизм генов соматотропина ( $GH$ ), кальпастина ( $CAST$ ), дифференциального фактора роста ( $GDF 9$ ) у овец татарстанской породы / В. П. Лушников [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 2–3.

#### REFERENCE

1. DNA markers in sheep breeding / I. F. Gorlov et al. Innovations in food production: from animal breeding to food production technology: materials of international scientific and practical conferences. Pos. Persianovsky; 2019. P. 164–167. (In Russ.).
2. Study and conduct of DNA testing of farm animals by genes determining productive qualities: methodological recommendations / Z. K. Gadzhiev et al. Stavropol: Stavropol-service-school, 2022. 78 p. ISBN 978-5-6048650-3-3. (In Russ.).
3. Morozov N. M. Factors and conditions for increasing the efficiency of livestock production. *Equipment and technologies in animal husbandry*. 2017; 2(26):70–79. (In Russ.).
4. Features of polymorphism of  $GH$ -HaeIII,  $CAST$ -MspI genes in sheep of different breeds / A. I. Surov et al. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;(7):81–84. DOI 10.28983/asj.y2022i7pp81-84. (In Russ.).
5. Breeding animal husbandry – innovative, molecular genetic, biotechnical technologies and modern personnel / I. D. Arnautovsky et al. *Far Eastern Agrarian Bulletin: scientific and practical journal*. 2017;3(43):84–91. (In Russ.).
6. Pogodaev V. A., Surzhikova E. S., Evlagina D. D., Arilov A. N. Allelic spectrum of  $GDF9/BSTHHI$ ,  $CAST/MSPI$ ,  $GH/HAЕIII$  genes in sheep of the Kalmyk short-tailed breed and crossbreeds with a bloodline of  $\frac{1}{2}$  dorper +  $\frac{1}{2}$  Kalmyk short-tailed. *Agrarian Scientific Journal*. 2023;(7):81–85. (In Russ.).
7. Pogodaev V. A., Sergeeva N. V. The effectiveness of crossing sheep of the Stavropol breed with cross-bred sheep ( $\frac{1}{2}$  Kalmyk kurdyuchnaya +  $\frac{1}{2}$  dorper). *Sheep, goats, wool business*. 2022;(2):28–32. DOI 10.26897/2074-0840-2022-2-28-32. (In Russ.). (In Russ.).
8. Pogodaev V. A., Kononova L. V., Aduchiev B. K. Polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in sheep of the Kalmyk kurdyuchnaya breed and crossbreeds ( $\frac{1}{2}$  Kalmyk kurdyuchnaya +  $\frac{1}{2}$  dorper). *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;3(47):141–145. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145. (In Russ.).
9. Polymorphism of  $CAST$ ,  $GH$ ,  $GDF9$  genes of Dagestan mountain sheep / A.A. Ozdemirov et al. *South of Russia: ecology, development*. 2021;16;2(59):39–44. DOI 10.18470/1992-1098-2021-2-39-44. (In Russ.).
10. Polymorphism of somatotropin ( $GH$ ), calpastatin ( $CAST$ ), differential growth factor ( $GDF 9$ ) genes in sheep of the Tatarstan breed / V. P. Lushnikov et al. *Sheep, goats, wool business*. 2020;(1):2–3. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 18.08.2023; одобрена после рецензирования 28.09.2023; принята к публикации 02.10.2023.  
The article was 18.08.2023; approved after 28.09.2023; accepted for publication 02.10.2023.

