

Оригинальная статья / *Original article*
УДК 636.32/38.082.2
DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-51-59

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАДА ПО ГЕНАМ GDF9,
GH У ОВЕЦ ВОЛГОГРАДСКОЙ И ЭДИЛЬБАЕВСКОЙ ПОРОД**

***THE GENETIC STRUCTURE OF THE HERD ACCORDING TO THE GDF9,
GH GENES IN VOLGOGRAD AND EDILBAEVSKY SHEEP BREEDS***

¹**Иван Ф. Горлов**, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН

¹**Марина И. Сложенкина**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

²**Юрий А. Колосов**, доктор с.-х. наук, профессор

²**Надежда В. Широкова**, доктор биологических наук

¹*Ivan F. Gorlov, doctor of agricultural sciences, professor, academician of RAS*

¹*Marina I. Slozhenkina, doctor of biological sciences, professor, correspondent member of RAS*

²*Yuriy A. Kolosov, doctor of agricultural sciences, professor*

²*Nadezhda V. Shirokova, doctor of biological sciences*

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, Волгоград

²Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл.

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

²*Don State Agrarian University, village Persianovsky, Rostov region*

Контактное лицо: Марина И. Сложенкина, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград.

E-mail: niimmp@mail.ru; тел. +7 (8442) 39-10-48; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>

Формат цитирования: Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Колосов Ю.А., Широкова Н.В. Генетическая структура стада по генам GDF9, GH у овец волгоградской и эдильбаевской пород // Аграрно-пищевые инновации. 2021. Т. 14, N 2. С. 51-59. DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-51-59

Principal Contact: Marina I. Slozhenkina, Dr Biological Sci., Professor, Correspondent member of RAS, director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia. E-mail: niimmp@mail.ru; Russia, tel. +7 (8442) 39-10-48; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>

How to cite this article: Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Kolosov Yu.A., Shirokova N.V. The genetic structure of the herd according to the GDF9, GH genes in Volgograd and Edilbaevsky sheep breeds. *Agrarian-and-food innovations*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 51-59. (In Russian) DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-51-59

Резюме

Цель. Изучение генетической структуры овец волгоградской и эдильбаевской пород по генам *GDF9*, *GH*.

Материалы и методы. Исследования проводили в стадах овец ведущих племенных заводов, на базе Донского государственного аграрного университета, Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции. Для выполнения молекулярно-генетических исследований у овец были взяты биообразцы кожи и хрящевой ткани с ушных раковин путем выщипов площадью 1 см². Оценку проводили методом ПЦР-ПДРФ. Для рестрикции амплифицированных участков генов *GDF9*, *GH* были использованы эндонуклеазы *Bst*II *Hae*III. Согласно результатам молекулярно-генетического исследования, определяли наличие и частоту аллелей и генотипов по генам *GDF9*, *GH*.

Результаты. Статья посвящена изучению генетической структуры овец волгоградской и эдильбаевской пород. Одним из важных ресурсов создания высокопродуктивных животных является использование маркерной селекции в качестве дополнительного критерия отбора и подбора племенных животных. Использование ДНК-маркеров для отбора животных, содержащих в себе желательные аллели генов хозяйственно-ценных признаков, является одним из новых научных подходов для решения данной проблемы. Развитие овцеводство в нашей стране позволит использовать имеющиеся природные и человеческие ресурсы на селе, а также получать высококачественную баранину путем применения ресурсосберегающих технологий. Целью работы стало изучение генетической структуры овец волгоградской и эдильбаевской пород по генам *GDF9*, *GH*. Для выполнения молекулярно-генетических исследований у овец были взяты образцы ушных выщипов (ткани с ушной раковины) площадью 1 см². Оценку проводили методом ПЦР-ПДФ. Во всех исследованных группах овец установлены А- и В-аллельные варианты гена *GDF9*, аллели А и В гена *GH*. Анализ данных выявил породный аспект в распределении частоты аллелей и генотипов генов *GDF9*, *GH* в рассматриваемых популяциях.

Заключение. Результаты изучения генетической структуры популяций овец волгоградской и эдильбаевской пород показали, что распределение частот аллелей и генотипов генов гормона роста (*GH*) и дифференциального фактора роста (*GDF9*) имеют некоторые особенности, связанные с породной принадлежностью исследуемых овец.

Ключевые слова: овцы, молекулярно-генетические исследования, генотипирование, частота генотипа, частота аллелей.

Abstract

Aim. *The study of the genetic structure of sheep of the Volgograd and Edilbaevsky breeds according to the GDF9, GH genes.*

Materials and Methods. *The research was carried out in herds of sheep from leading breeding plants, on the basis of Don State Agrarian University and Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production. Biosamples of skin and cartilage tissue from the auricles were taken from sheep by plucking an area of 1 cm² for molecular genetic studies. Evaluation was performed by PCR-RFLP method. Endonucleases BstHI and HaeIII were used to restrict the amplified regions of the GDF9 and GH genes. The presence and frequency of alleles and genotypes for the GDF9, GH genes were determined based on the results of a molecular genetic study.*

Results. *The article is devoted to the study of the genetic structure of sheep of the Volgograd and Edilbaevsky breeds. One of the important resources for creating highly productive animals is the use of marker selection as an additional criterion for the selection and selection of breeding animals. The use of DNA markers for the selection of animals containing desirable alleles of genes of economically valuable traits is one of the new scientific approaches to solve this problem. The development of sheep breeding in our country will allow using the available natural and human resources in rural areas, as well as obtaining high-quality lamb through the use of resource-saving technologies. The aim of the work was to study the genetic structure of sheep of the Volgograd and Edilbaevsky breeds according to the GDF9, GH genes. To perform molecular genetic studies, samples of ear plucks (tissue from the auricle) with an area of 1 cm² were taken from sheep. The assessment was carried out by PCR-PDRF. In all the studied groups of sheep, A and B allelic variants of the GDF9 gene, alleles A and B of the GH gene were established. The analysis of the data revealed a breed aspect in the distribution of the frequency of alleles and genotypes of the GDF9, GH genes in the populations under consideration.*

Conclusion. *The results of the study of the genetic structure of the populations of sheep of the Volgograd and Edilbaevsky breeds showed that the frequency distribution of alleles and genotypes of the growth hormone (GH) and differential growth factor (GDF9) genes have some features associated with the breed affiliation of the studied sheep.*

Key words: *sheep, molecular genetic studies, genotyping, genotype frequency, allele frequency.*

Введение. Овцеводство – одна из важнейших традиционных для России отраслей животноводства, которая направлена на удовлетворение потребностей населения не только в продуктах питания, но и другой животноводческой продукции, необходимой во многих отраслях производства [1, 11].

В условиях Южного федерального округа широко распространены овцы волгоградской и эдильбаевской пород. Волгоградские овцы – это крупные хорошо развитые животные с выраженными мясными формами, одновременно имеют высокие показатели шерстной и мясной продуктивности. Животные эдильбаевской породы обладают хорошими мясными качествами, высокими показателями убойной массы и убойного выхода. Плодовитость овец эдильбаевской породы невысокая и составляет 110-120%. [8, 18].

В овцеводстве воспроизводительные качества маток являются важнейшими показателями в обеспечении конкурентоспособности отрасли [2, 19]. Соответственно, чем больше хозяйство получает ягнят к отбивке, тем больше возможностей появляется у селекционера провести отбор животных лучшего качества для ремонта основного стада. Количество ягнят, которые получены к моменту отъема, предопределяет и эффективность отрасли в целом. Следовательно, чем больше будет получено ягнят, тем выше будет один из основных показателей эффективности – выход баранины на 1 овцу в год [1, 10].

На плодовитость овец влияет множество факторов. Ряд исследователей отмечают, что такие показатели, как срок первого осеменения молодых овцематок, время случки и ягнения, живая масса, среднесуточный прирост, порода животного и уровень кормления, напрямую или косвенно влияют на воспроизводительные качества овцематки [7, 12].

Необходимо отметить, что при совершенствовании продуктивных качеств овец внимание необходимо обратить и на мясную продуктивность, так как в сложившихся социально-экономических условиях рентабельное ведение овцеводства может быть обеспечено в основном за счет производства баранины. Общепринятые методы селекции, применяемые в овцеводстве, зачастую не позволяют в полном объеме использовать генетический потенциал существующих пород [14, 15, 16]. По этой причине в последние годы деятельность российских и иностранных специалистов-генетиков и селекционеров ориентирована на поиск и внедрение инновационных методов, обладающих значимым потенциалом, в симбиозе с традиционной селекцией. Такими методами, как считают ученые, могут быть технологии, базирующиеся на исследованиях в области молекулярной генетики. Введение данных технологий в селекционно-племенную работу требует выполнения глубоких научных исследований [3, 5, 13]. В результате разработки модели селекционного процесса на основе знаний о молекулярно-генетических особенностях популяции, эти технологии смогут эффективно использоваться в овцеводстве [2, 4, 6].

В овцеводстве известен ряд маркерных генов, ассоциированных с экономически важными хозяйственно-полезными признаками животных. Уже выполнено ряд работ по оценке полиморфизма некоторых генов, предположительно сопряженных с мясной продуктивностью, – ген гормона роста (*GH*) и воспроизводительными качествами – ген дифференциального фактора роста (*GDF9*). Однако эти исследования находятся в поисковой фазе и нуждаются в расширении и уточнении предварительных выводов [8, 9, 17].

Целью нашей работы явилось исследование генетической структуры овец волгоградской и эдильбаевской пород по генам *GDF9*, *GH*.

Материалы и методы. Исследования проводили в стадах овец ведущих племенных заводов, на базе Донского государственного аграрного университета, Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции. Для выполнения молекулярно-генетических исследований у овец были взяты биообразцы кожи и хрящевой ткани с ушных раковин путем выщипов площадью 1 см². Оценку проводили методом ПЦР-ПДРФ. Последовательность праймеров для амплификации представлена в таблице 1.

Таблица 1. Последовательность праймеров, условия проведения реакций и размер получаемых фрагментов ДНК

Table 1. Sequence of primers, reaction conditions and size of the obtained DNA fragments

Ген <i>Gene</i>	Последовательность праймеров <i>Sequence of primers</i>	Размер фрагмента <i>Fragment size</i>
<i>GDF9</i>	<i>GDF9-F</i> : 5'-GAAGACTGGTATGGGGAAATG-3'; <i>GDF9-R</i> : 5'-CCAATCTGCTCCTACACACCT-3'.	462 п.н.
<i>GH</i>	<i>GH-F</i> : 5'-GGAGGCAGGAAGGGATGAA-3'; <i>GH-R</i> : 5'-CCAAGGGAGGGAGAGACAGA-3'.	973 п.н.

Для рестрикции амплифицированных участков генов *GDF9*, *GH* были использованы эндонуклеазы *Bst*II *Hae*III в соответствии с рекомендациями фирмы-производителя ООО «СибЭнзим» (таблица 2.)

Таблица 2. Используемые эндонуклеазы рестрикции и условия рестрикции

Table 2. Restriction endonucleases used and restriction conditions

Ген <i>Gene</i>	Метод <i>Method</i>	Рестриктаза <i>Restrictase</i>	Литература <i>Literature</i>
<i>GDF9</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>Bst</i> II	Palmer et al., 1998; Gorlov et al., 2016
<i>GH</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>Hae</i> III	Amie Marini et al., 2012; Gorlov et al., 2017

Согласно результатам молекулярно-генетического исследования, определяли наличие и частоту аллелей и генотипов по генам *GDF9*, *GH*.

Результаты и обсуждение. В результате выполнения ДНК-генотипирования по генам *GDF9*, *GH*, была исследована генетическая структура популяций овец таких пород, как волгоградская и эдильбаевская. Данные результатов анализа отображены в таблице 3.

Таблица 3. Частота аллелей и генотипов генов *GDF9*, *GH*

Table 3. Frequency of alleles and genotypes of genes *GDF9*, *GH*

Ген <i>Gene</i>	n	Частота аллеля <i>Allele frequency</i>		Частота генотипов, % <i>Genotype frequency, %</i>		
		A	B	AA	AB	BB
Эдильбаевская порода <i>Edilbaevsky breed</i>						
<i>GDF9</i>	108	0,05	0,95	-	10,00	90,00
<i>GH</i>	108	0,73	0,27	55,56	34,26	10,19
Волгоградская порода <i>Volgograd breed</i>						
<i>GDF9</i>	110	0,08	0,92	-	16,36	83,60
<i>GH</i>	110	0,71	0,29	55,45	30,91	13,64

Результаты анализа популяции овец эдильбаевской породы по гену *GDF9* выявили наличие двух аллелей А и В. В исследуемой популяции высокую частоту имел аллель В (95%) и генотип ВВ (90%), а частота гетерозиготного генотипа АВ составила 10%. Генетическая структура популяции овец эдильбаевской породы по гену *GH* характеризуется наличием трех генотипов: АА, АВ и ВВ. В этой популяции низкой частотой встречаемости обладал гомозиготный генотип ВВ (10,19%).

Анализ частот аллелей и генотипов овец волгоградской породы по гену *GDF9* выявил присутствие двух генотипов АА (16,36%) и АВ (83,60%). Генетическая структура овец волгоградской породы по гену *GH* обуславливалась присутствием трех генотипов АА, АВ и ВВ. В данной популяции наименьшей частотой обладал гомозиготный генотип ВВ (13,64%), частота генотипа АВ имела промежуточное значение (30,91%), а наибольшую частоту имел генотип АА (55,45%).

В библиографических источниках имеется достаточное количество сведений о проведенных исследованиях на наличие полиморфизма генов *GDF9*, *GH*. Анализируя данные полиморфизма гена гормона роста, полученные другими исследователями, можно отметить, что они согласуются с нашими результатами.

Анализ частот аллелей и генотипов овец породы Donggala по гену *GH* показал наличие всех трех генотипов АА (35,7%) и АВ (35,7%) и ВВ (28,6%). У породы East Java частота генотипов составила АА (46,4%), АВ (25,0%) и ВВ (28,6%) [11].

В исследованиях Погодаев В.А. и др. (2019) у овец с кровностью (1/2 калмыцкой курдючной породы + 1/2 дорпер) наблюдалось следующее распределение частот генотипов гена гормона роста АА (40,0%), АВ (40,0%) и ВВ (20,0%) [1].

В работе Селионовой М.И. и др. (2020) полиморфизм гена *GH* представлен двумя аллелями: А и В, тремя генотипами: АА, АВ и ВВ. Частота желательного аллеля В гена *GH* составила 37% [14].

Согласно данным Gorlov I.F. et al., у овец сальской породы частота встречаемости генотипов гена *GDF9* составляла: АВ – 12%, ВВ – 88%, генотип АА не был обнаружен [8].

Georgieva S. et al. представили данные по наличию различных генотипов гена *CAST* у овец молочного направления продуктивности, разводимых в Болгарии. При этом в исследуемой популяции овец были обнаружены генотипы ММ, МN, NН с частотой встречаемости 84; 15 и 1% соответственно [6].

Заключение. Результаты изучения генетической структуры популяций овец волгоградской и эдильбаевской пород показали, что распределение частот аллелей и генотипов генов гормона роста (*GH*) и дифференциального фактора роста (*GDF9*) имеют некоторые особенности, связанные с породной принадлежностью исследуемых овец. Установленные биологические особенности генотипов необходимо экстраполировать на хозяйственно-полезные качества конкретных животных и учитывать при оценке влияния генотипов на продуктивные показатели и выборе тактики селекционных программ, а также желательного генотипа овец.

Библиографический список

1. Погодаев В.А., Кононова Л.В., Адучиев Б.К. Полиморфизм генов кальпастина и соматропина у овец калмыцкой курдючной породы и помесей (1/2 калмыцкая курдючная+1/2 дорпер) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. Том 47. N 3. С. 141-145. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145

2. Afifi M., Alkaladi A., Kadasa N.M., Saddick S., Baeshen M., Al-Farga A., Aqlan F.M., Almulaiky Y.Q., Alkhaled M., Alayafi A.A.M., Ali H.A., Warsi M.K., Allogmani A.S., Abdelazim A. Sequencing and Polymorphism detection in growth hormone gene in Najdi Sheep and their association with milk production // *Journal Of Animal Research*. 2019. Vol. 53. P. 423-428. Article Id: [B-920](#). DOI: [10.18805/ijar.B-920](#)
3. Ahani Azari M., Dehnavi E., Yousefi S., Shahmohamadi L. Polymorphism of Calpastatin, Calpain and Myostatin genes in native Dalagh sheep in Iran // *Slovak J. Anim. Sci.* 2012. Vol. 45. Iss. 1. P. 1-6.
4. Avanus K. Determining genetic variation of Calpastatin gene with MspI and NcoI enzymes by using PCR-RFLP method in Kivircik lambs // *Acta Veterinaria Eurasia*. 2018. Vol. 44. P. 39-43.
5. Bodensteiner K.J., Clay C.M., Moeller C.L., Sawyer H.R. Molecular cloning of the ovine growth/differentiation factor-9 gene and expression of growth/differentiation factor-9 in ovine and bovine ovaries // *Biol Reprod*. 1999. Vol. 60. P. 381-386.
6. Georgieva S., Hristova D., Dimitrova I., Stancheva N., Bozhilova-Sakova M. Molecular analysis of ovine calpastatin (CAST) and myostatin (MSTN) genes in Synthetic population Bulgarian Milk sheep using PCR-RFLP // *J. BioSci. Biotechnol.* 2015. Vol. 4. Iss. 1. P. 95-99.
7. Gorlov I.F., Shirokova N.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Zlobina E.Y., Kolosov Y.A., Getmantseva L.V., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Y. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in salsk sheep breed // *Small Ruminant Research*. 2017. Vol. 150. P. 11-14.
8. Gorlov I.F., Kolosov Yu.A., Shirokova N.V., Getmantseva L.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Zlobina E.Yu. GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds // *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2018. Vol. 29. Issue 1. P. 61-66.
9. Gorlov I.F., Filatov A.S., Natyrov A.K., Mosolova N.I., Nikolaev D.V., Nelepov Yu.N., Chamurliev N.G., Vladimtseva I.V., Zlobina E.Yu. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes // *Research Journal of Pharmaceutikal, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9. Iss. 5. P. 2152-2161.
10. Kolosov Yu.A., Getmantseva L.V., Shirokova N.V., Klimenko A., Bakoev S.Yu., Usatov A.V., Kolosov A.Yu., Bakoev N.F., Leonova M.A. Polymorphism of the GDF9 Gene in Russian Sheep Breeds // *J. Cytol. Histol.* 2015. Vol. 6. P. 305. DOI: [10.4172/2157-7099.1000305](#)
11. Malewa A.D., Hakim L., Maylinda S., Husain M.H. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits // *Livestock Research for Rural Development*. 2014. Vol. 26. Iss. 6. URL: <http://www.lrrd.org/lrrd26/6/cont2606.htm> (дата обращения: 13.04.2021)
12. Moradian C., Mohamadi N., Razavi- Sheshdeh S.A., Hajihosseini A., Ashrafi F. Effects of genetic polymorphism the growth hormone gene on growth traits in Makoei sheep // *European Journal of Experimental Biology*. 2013. Vol. 3. Iss. 3. P. 101-105.
13. Othman L.A., Althwani A.N., Alkhazraji A.J.A.H. Growth hormone gene in Iraqi and Turkish Awassi sheep using PCR-RFLP // *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2016. Vol. 5. Iss. 1. P. 87-93.
14. Selionova M.I., Plakhtyukova V.R. Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relationship with the productivity of cattle of the Kazakh white-headed breed // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 613. 012131. DOI: [10.1088/1755-1315/613/1/012131](#)
15. Suleman M., Khan S.U., Riaz A.B., Yousaf M., Shah A., Ishaq R., GHafoor A. Calpastatin (CAST) gene polymorphism in Kajli, Lohi and Thalli sheep breeds // *Afric. J. of Biotechnol.* 2012. Vol. 47. Iss. 11. P. 10655-10660. DOI: [10.5897/AJB11.2478](#)
16. Szkudlarek-Kowalczyk M., Wiśniewska E., Mroczkowski S. Polymorphisms of Calpastatin gene in sheep // *Journal of Central European Agriculture*. 2011. Vol. 12. Iss. 3. P. 425-432.
17. Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Selionova M.I., Yatsyk O., Krivoruchko A. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7. Iss. 2351. P. 2351-2357.

18. Wang H., Wang J., Wang X., Cheng S., Li X., Wang Z., Fan Q., Fu L., Li S., Zhou X. Association analysis of CAST gene polymorphism with meat quality in five sheep breeds // *Acta Agriculturae Zhejiangensis*. 2016. Vol. 28. Iss. 8. P. 1309-1314.
19. Yuldashbayev Yu.A., Shevhuzhev A.F., Kochkarov R.Kh., Mishvelov E.G., Ponomareva A.I. Meat productivity of young sheep karachai breed // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9. Iss. 4. P. 692-699.

References

1. Pogodaev V.A., Kononova V.L., Aduceau B.K. Polymorphism of calpastatine genes and somatotropin of Kalmyk fat-tailed breed and crossbreed (½ kalmyk 3pacre fat-breed + ½ dorper). *ULSAU*, 2019, vol. 47, no. 3, pp. 141-145. (In Russian) DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145
2. Afifi M., Alkaladi A., Kadasa N.M., Saddick S., Baeshen M., Al-Farga A., Aqlan F.M., Almulaiky Y.Q., Alkhaled M., Alayafi A.A.M., Ali H.A., Warsi M.K., Allogmani A.S., Abdelazim A. Sequencing and Polymorphism detection in growth hormone gene in Najdi Sheep and their association with milk production. *Journal of Animal Research*, 2019, vol. 53, pp. 423-428. Article Id: B-920. DOI: 10.18805/ijar.B-920
3. Ahani Azari M., Dehnavi E., Yousefi S., Shahmohamadi L. Polymorphism of Calpastatin, Calpain and Myostatin genes in native Dalagh sheep in Iran. *Slovak J. Anim. Sci.* 2012, vol. 45, iss. 1, pp. 1-6.
4. Avanus K. Determining genetic variation of Calpastatin gene with MspI and NcoI enzymes by using PCR-RFLP method in Kivircik lambs. *Acta Veterinaria Eurasia*. 2018, vol. 44, pp. 39-43.
5. Bodensteiner K.J., Clay C.M., Moeller C.L., Sawyer H.R. Molecular cloning of the ovine growth/differentiation factor-9 gene and expression of growth/differentiation factor-9 in ovine and bovine ovaries. *Biol Reprod.* 1999, vol. 60, pp. 381-386.
6. Georgieva S., Hristova D., Dimitrova I., Stancheva N., Bozhilova-Sakova M. Molecular analysis of ovine calpastatin (CAST) and myostatin (MSTN) genes in Synthetic population Bulgarian Milk sheep using PCR-RFLP. *J. BioSci. Biotechnol.* 2015, vol. 4, iss. 1, pp. 95-99.
7. Gorlov I.F., Shirokova N.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Zlobina E.Y., Kolosov Y.A., Getmantseva L.V., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Y. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in salsk sheep breed. *Small Ruminant Research*. 2017, vol. 150, pp. 11-14.
8. Gorlov I.F., Kolosov Yu.A., Shirokova N.V., Getmantseva L.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Zlobina E.Yu. GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2018, vol. 29, issue 1, pp. 61-66.
9. Gorlov I.F., Filatov A.S., Natyrov A.K., Mosolova N.I., Nikolaev D.V., Nelepov Yu.N., Chamurliev N.G., Vladimtseva I.V., Zlobina E.Yu. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes. *Research Journal of Pharmaceutikal, Biological and Chemical Sciences*. 2018, vol. 9, iss. 5, pp. 2152-2161.
10. Kolosov Yu.A., Getmantseva L.V., Shirokova N.V., Klimenko A., Bakoev S.Yu., Usatov A.V., Kolosov A.Yu., Bakoev N.F., Leonova M.A. Polymorphism of the GDF9 Gene in Russian Sheep Breeds. *J. Cytol. Histol.* 2015, vol. 6, pp. 305. DOI: 10.4172/2157-7099.1000305
11. Malewa A.D., Hakim L., Maylinda S., Husain M.H. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits. *Livestock Research for Rural Development*. 2014, vol. 26, iss. 6. Available at: <http://www.lrrd.org/lrrd26/6/cont2606.htm> (accessed 13.04.2021)
12. Moradian C., Mohamadi N., Razavi- Sheshdeh S.A., Hajihosseini A., Ashrafi F. Effects of genetic polymorphism the growth hormone gene on growth traits in Makoei sheep. *European Journal of Experimental Biology*. 2013, vol. 3, iss. 3, pp. 101-105.
13. Othman L.A., Althwani A.N., Alkhazraji A.J.A.H. Growth hormone gene in Iraqi and Turkish Awassi sheep using PCR-RFLP. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2016, vol. 5, iss. 1, pp. 87-93.
14. Selionova M.I., Plakhtyukova V.R. Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relationship with the productivity of cattle of the Kazakh white-headed breed. *IOP*

- Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 613, 012131. DOI:10.1088/1755-1315/613/1/012131
15. Suleman M., Khan S.U., Riaz A.B., Yousaf M., Shah A., Ishaq R., GHafoor A. Calpastatin (CAST) gene polymorphism in Kajli, Lohi and Thalli sheep breeds. *Afric. J. of Biotechnol.*, 2012, vol. 47, iss. 11, pp. 10655-10660. DOI: 10.5897/ AJB11.2478
 16. Szkudlarek-Kowalczyk M., Wiśniewska E., Mroczkowski S. Polymorphisms of Calpastatin gene in sheep. *Journal of Central European Agriculture*. 2011, vol. 12, iss. 3, pp. 425-432.
 17. Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Selionova M.I., Yatsyk O., Krivoruchko A. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016, vol. 7, iss. 2351, pp. 2351-2357.
 18. Wang H., Wang J., Wang X., Cheng S., Li X., Wang Z., Fan Q., Fu L., Li S., Zhou X. Association analysis of CAST gene polymorphism with meat quality in five sheep breeds. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*. 2016, vol. 28, iss. 8, pp. 1309-1314.
 19. Yuldashbayev Yu.A., Shevhuzhev A.F., Kochkarov R.Kh., Mishvelov E.G., Ponomareva A.I. Meat productivity of young sheep karachai breed. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018, vol. 9, iss. 4, pp. 692-699.

Критерии авторства: Иван Ф. Горлов: согласие нести ответственность за все аспекты работы и гарантировать соответствующее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью работы; Марина И. Сложенкина: контроль проведения научного исследования на всех стадиях на базе комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации; Надежда В. Широкова: разработка концепции и дизайна исследования, проведение лабораторных исследований, оформление их результатов, анализ результатов и подготовка рукописи; Юрий А. Колосов: формулировка результатов исследования и заключительных выводов, критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Author contributions: *Ivan F. Gorlov: agreement to be responsible for all aspects of the work and guarantee the appropriate consideration and resolution of issues related to the accuracy and integrity of the work; Marina I. Slozhenkina: control of scientific research at all stages on the basis of the integrated analytical laboratory of the State Scientific Institution NIIMMP, approval of the final version of the article before submitting it for publication; Nadezhda V. Shirokova: development of the concept and design of the study, laboratory research, registration of their results, analysis of results and preparation of a manuscript; Yuriy A. Kolosov: formulation of research results and final conclusions, critical revision of the article for important intellectual content, processing and analysis of the calculations, their tabular presentation. All authors were equally involved in writing the manuscript and are responsible for plagiarism and self-plagiarism.*

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. *The authors declare no conflict of interest.*

ORCID:

Иван Ф. Горлов / *Ivan F. Gorlov* <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>

Марина И. Сложенкина / *Marina I. Slozhenkina* <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>

Юрий А. Колосов / *Yuriy A. Kolosov* <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009>

Получено / *Received*: 30-04-2021

Принято после исправлений / *Accepted after corrections*: 27-05-2021