

Генетическая оценка крупного рогатого скота породы галловей

Е. Н. КОНОВАЛОВА, О. С. РОМАНЕНКОВА, Е. А. ГЛАДЫРЬ, А. А. СЕРМЯГИН

Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ им. Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью генотипирования российской популяции крупного рогатого скота породы галловей по однонуклеотидным полиморфизмам генов миостатина (*MSTN* F94L), лептина (*Arg4Cys LEP*) и кальпаина 1 (*CAPN1* 316), связанных с продуктивностью животных. В качестве материала для исследований использовали пробы ДНК смешанной популяции крупного рогатого скота (быки, телки, коровы, нетели) породы галловей (n=147). Генотипирование осуществляли с использованием ранее разработанных тест-систем, основанных на методе полимеразной цепной реакции с последующим анализом длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ). Частота встречаемости животных с предпочтительным с точки зрения продуктивности генотипом TT-*Arg4Cys LEP* составила 19,05 %, СТ-*Arg4Cys LEP* – 48,30 %, с генотипом CC по *CAPN1* 316 – 16,33 %, GC – 43,53 %. По полиморфизму F94L *MSTN* животных с наличием в генотипе желательного аллеля А не обнаружено. Частота желательных аллелей Т-*Arg4Cys LEP* и С-*CAPN1* 316 составила 0,43 и 0,38 соответственно. Сравнение популяции породы галловей с аналогичной абердин-ангусской показало некоторое преимущество последней по частоте желательного аллеля гена лептина, связанного с откормочными качествами – частота аллеля Т-*Arg4Cys LEP* у абердин-ангусов была выше на 0,11 (0,54 против 0,43 у галловеев). Также у абердин-ангусов отмечено некоторое превосходство по частоте аллеля, связанного с мышечной массой (аллель А гена F94L-*MSTN*). Она была равна 0,01, тогда как среди галловеев животных-носителей этого аллеля не выявлено. При этом в популяции породы галловей отмечена более высокая частота аллеля С-*CAPN1* 316, связанного с нежностью мяса – 0,38, что выше, по сравнению с ангусами, на 0,15. Целесообразно разведение крупного рогатого скота породы галловей на территории России, особенно в регионах с суровым климатом, для сохранения биоразнообразия и повышения рентабельности мясных стад крупного рогатого скота.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, галловейская порода, ДНК-маркеры, свойства продуктивности, генные полиморфизмы, миостатин, лептин, кальпаин 1.

Сведения об авторах: Е. Н. Коновалова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: konoval-elena@yandex.ru); О. С. Романенкова, кандидат биологических наук, научный сотрудник; Е. А. Гладырь, кандидат биологических наук, зав. лабораторией; А. А. Сермягин, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом.

Для цитирования: Генетическая оценка крупного рогатого скота породы галловей / Е. Н. Коновалова, О. С. Романенкова, Е. А. Гладырь и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 10. С. 72–76. doi: 10.53859/02352451_2023_37_10_72

*исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Genetic evaluation of Galloway cattle

E. N. Konovalova, O. S. Romanenkova, E. A. Gladyr, A. A. Sermyagin

Ernst All-Russian Research Institute of Animal Husbandry, pos. Dubrovitsy, 60, Podol'skii r-n, Moskovskaya obl., 142132, Russian Federation

Abstract. The study aimed to genotype the Russian population of Galloway cattle for single-nucleotide polymorphisms of the myostatin (*MSTN* F94L), leptin (*Arg4Cys LEP*) and calpain 1 (*CAPN1* 316) genes associated with animal productivity. DNA samples from a mixed population of Galloway cattle (bulls, calves, cows, heifers) (n=147) were used as research material. Genotyping was carried out using previously developed test systems based on the polymerase chain reaction method followed by restriction fragment length analysis (PCR-RFLP). The frequency of occurrence of animals with the genotype TT-*Arg4Cys LEP*, preferable in terms of productivity, was 19.05%, CT-*Arg4Cys LEP* – 48.30%, with the CC genotype for *CAPN1* 316 – 16.33%, GC – 43.53%. Based on the F94L *MSTN* polymorphism, no animals with the presence of the desired allele A in the genotype were found. The frequencies of the desirable T-*Arg4Cys LEP* and C-*CAPN1* 316 alleles were 0.43 and 0.38, respectively. A comparison of the Galloway breed population with a similar Aberdeen Angus showed a slight advantage of the latter in terms of the frequency of the desired allele of the leptin gene associated with fattening qualities – the frequency of the T-*Arg4Cys LEP* allele in Aberdeen Angus was higher by 0.11 (0.54 versus 0.43 in Galloway). Also, Aberdeen Angus showed some superiority in the frequency of the allele associated with muscle mass (allele A of the F94L-*MSTN* gene). It was equal to 0.01, while no animals carrying this allele were identified among Galloways. At the same time, in the population of the Galloway breed, a higher frequency of the C-*CAPN1* 316 allele, associated with tenderness of meat, was observed – 0.38, which was 0.15 higher compared to Angus. It is advisable to breed Galloway cattle in Russia, especially in regions with a harsh climate, to preserve biodiversity and increase the profitability of beef cattle herds.

Keywords: cattle; Galloway breed; DNA markers; productivity properties; gene polymorphisms; myostatin; leptin; calpain 1.

Author Details: E. N. Konovalova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: konoval-elena@yandex.ru); O. S. Romanenkova, Cand. Sc. (Biol.), research fellow; D. Sc. (Agr.), head of center; E. A. Gladyr, Cand. Sc. (Biol.), head of laboratory; A. A. Sermyagin Cand. Sc. (Agr.), head of division.

For citation: EN Konovalova, OS Romanenkova, EA Gladyr, et. al. [Genetic evaluation of Galloway cattle]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023;37(10):72–6. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_10_72

По данным ВНИИ племенного дела, за последние годы мясное скотоводство демонстрирует уверенный рост по всем показателям. Племенная работа, проводимая со специализированными породами, с использованием современных методов селекции в значительной мере отразилась на эффективности отрасли в различных странах. Это обстоятельство способствует наращиванию темпов производства говядины и, как следствие, увеличению потребления мяса населением. Вместе

с тем существуют значительные различия в объемах производства и потребления, в частности, в России объем производства говядины составляет 1,32 млн т при потреблении населением 1,53 млн т (Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: Издательство ФГБНУ ВНИИплем, 2023. 218 с.). При этом с 2015 г. отмечается сокращение производства крупного рогатого скота на убой в живой массе в хозяйствах населения, например, в 2022 г. величина

этого показателя уменьшилась на 3,6 %, по сравнению с предыдущим годом.

Для повышения выхода мяса и улучшения качественных характеристик говядины целесообразно прилитие крови специализированных пород крупного рогатого скота. На сегодняшний день на территории России наиболее распространены абердин-ангусская и герефордская породы (*Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: Издательство ФГБНУ ВНИИплем, 2023. 218 с.*). Животные достаточно хорошо зарекомендовали себя как по своим откормочным, акклиматизационным характеристикам, так и по качеству продукции [1, 2].

Использование в скотоводстве ограниченного числа пород чревато снижением биоразнообразия, что может привести к повышению степени инбридинга и накоплению генетического груза в виде вредных мутаций. В связи с этим, возникает интерес к разведению менее распространенных мясных пород, к числу которых можно отнести, например, галловейскую. Согласно данным ВНИИ племенного дела, доля его поголовья на территории Российской Федерации не превышает 1 %. Однако при сравнении данных за 2010 и 2022 гг. наблюдается рост величины этого показателя на 1662 гол., или 115,7 % (*Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: Издательство ФГБНУ ВНИИплем, 2023. 218 с.*).

Галловейская порода считается старейшей на Британских островах. Она появилась в XVII в. в графстве Галлоуэй (*Galloway*), расположенном на юго-западе Шотландии, откуда и получила свое название. Первоначально этот скот разводили на гористой местности с влажным климатом, а в дальнейшем получил распространение в европейских странах, а также США, Канаде и Новой Зеландии.

К основным достоинствам породы можно отнести устойчивый иммунитет и малый риск смертности из-за инфекционных заболеваний, сравнительно долгую продолжительность жизни (12...15 лет), хорошие вкусовые качества мясной продукции, возможность круглогодичного выпаса, неприхотливость в рационе и легкость отела (<https://moloko-chr.ru/articles/byki-i-korova/gallovejskaya-poroda-korov-kharakteristika-i-opisanie-vida.html>).

На сегодняшний день на территории России существует единственный крупный центр, специализирующийся на разведении галловейского скота – ООО «Племенной центр Смоленский галловей». Его история началась в 2011 г., когда в Угранский район Смоленской области завезли 80 голов животных этой необычной породы. Прибывшее из Германии поголовье прекрасно освоилось на новом месте и приросло здоровым, крепким молодняком, адаптированным к местным условиям.

Галловейская порода представляется достаточно интересной для улучшения племенной базы крупного рогатого скота мясного направления продуктивности России. В частности, интересна оценка животных по наличию в генотипах желательных с точки зрения продуктивности аллелей, что согласуется с современными тенденциями оценки животных по генотипу [3, 4].

Известен ряд генов, полиморфизмы которых могут оказывать влияние на признаки мясной продуктивности [5, 6, 7]. Наибольший интерес представляют полиморфизмы генов миостатина (*MSTN*), лептина (*LEP*) и кальпаина 1 (*CAPN1*).

По результатам изучения полиморфизмов предпочтительным аллелем гена *F94L MSTN* с точки зрения селекции на повышенную мышечную массу считается аллель А, который достаточно редко встречается в популяциях крупного рогатого скота мясных пород [8, 9]. С более высоким содержанием жира в туше связан аллель Т гена *Arg4Cys LEP* [10], с более нежным мясом у крупного рогатого скота абердин-ангусской породы ассоциирован аллель С гена *CAPN1_316* [10].

Цель исследований – генотипирование российской популяции крупного рогатого скота породы галловей по полиморфизмам генов миостатина (*MSTN F94L*), лептина (*Arg4Cys LEP*) и кальпаина 1 (*CAPN1_316*) для получения представлений о ценности и возможности использования этой породы при улучшении племенной базы мясного скотоводства России.

Условия, материалы и методы. В качестве материала для исследований использовали пробы ДНК смешанной популяции крупного рогатого скота (быки, телки, коровы, нетели) породы галловей (n=147), принадлежащие ООО «Племенной центр Смоленский галловей» (Смоленская обл., Угранский район). У животных отбирали пробы крови, которые исследовали в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2016 г. Препараты ДНК из проб выделяли с использованием стандартных методик (*Зиновьева Н.А., Кленовицкий П.М., Гладырь Е.А., Никишов А.А. Современные методы генетического контроля селекционных процессов и сертификации племенного материала в животноводстве: учебное пособие. – М.: РУДН, 2008. – 329 с.*) и хранили при температуре -20 °С.

Генотипирование изучаемой популяции по полиморфизмам гена миостатина (*F94L MSTN*), лептина (*Arg4Cys LEP*) и кальпаина 1 (*CAPN1_316*) осуществляли с использованием ранее разработанных тест-систем, основанных на методе полимеразной цепной реакции с последующим анализом длины рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) [9, 10]. Исследования проводили с использованием оборудования Центра коллективного пользования ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. ПЦР выполняли на термоциклерах Biorad T100 (Biorad Laboratories, Сингапур) и Gene Explorer (Bioer, Китай). Постановку ПДРФ-анализа проводили в термостатах BioShake iQ (Analytik Jena, Германия) и ТСвЛ-80 (ФГУП ГРПЗ-филиал-Касимовский приборный завод, Россия). Результаты ПЦР-ПДРФ-анализов оценивали, используя гель-электрофорез в 3 %-ном агарозном геле при напряжении 120 В, и фиксировали посредством системы визуализации и гель-документации FireReader V10 (UVITEC Co., Великобритания).

В работе использованы вспомогательные онлайн сервисы для подбора праймеров (Primer3Plus, <https://www.primer3plus.com/>) и выбора эндонуклеаз рестрикции (NebCutter V.3.0., <https://nc3.neb.com/NEBcutter/>), а также пакет программ Microsoft Excel.

На основании результатов генотипирования была проведена оценка наличия в популяции животных с предпочтительными аллелями и генотипами по изучаемым полиморфизмам продуктивности, а также определены их частоты встречаемости.

Ранее по аналогичным генным полиморфизмам была проанализирована популяция бычков и телочек крупного рогатого скота абердин-ангусской породы (n=145) [11]. После получения результатов генотипирования галловеев, было решено провести межпо-

родный сравнительный анализ частот встречаемости желательных генотипов и аллелей изучаемых генов.

Результаты и обсуждение. Генотипирование животных по изучаемым полиморфизмам выявило наличие всех трех возможных генотипов по каждой мутации (рис. 1).

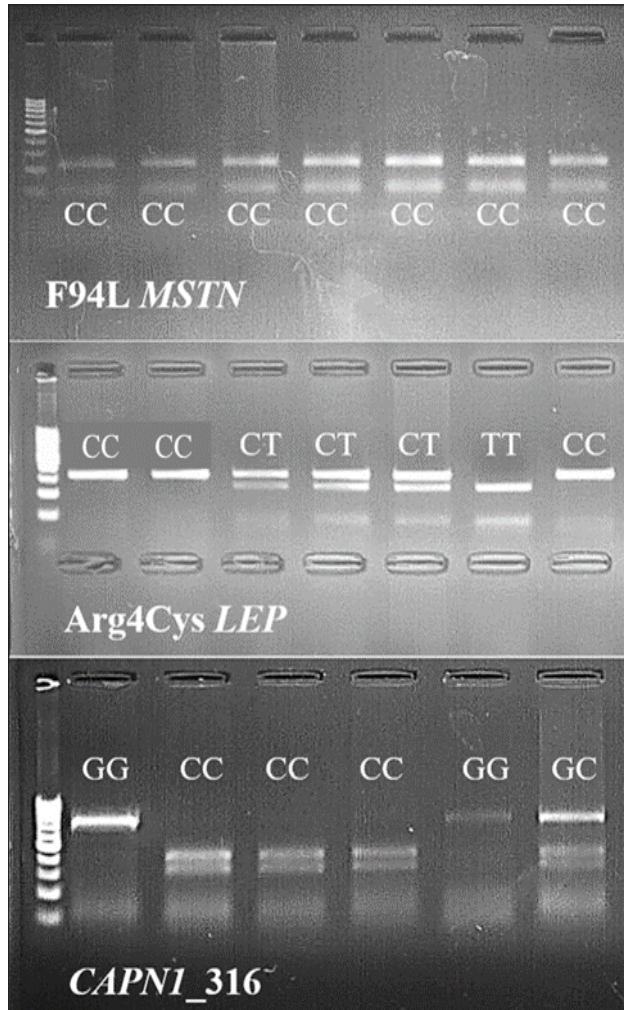


Рис. 1. Фрагменты генотипирования крупного рогатого скота породы галловей по полиморфизмам генов миостатина, лептина и кальпаина 1.

По полиморфизму F94L *MSTN* среди исследованных животных не выявлено особей с наличием в генотипе желательного аллеля А. Всё поголовье представлено носителями генотипа СС (табл. 1). По полиморфизму Arg4Cys *LEP* частота желательного генотипа ТТ составила 19,05 %, примечательно также наличие высокой доли гетерозигот по этому полиморфизму (48,30 %). По полиморфизму *CAPN1_316* частота желательного генотипа СС составила 16,33 %, а доля гетерозиготных животных достигала 43,53 %.

Таблица 1. **Результаты генотипирования российской популяции КРС породы галловей по полиморфизмам генов миостатина (*MSTN*), лептина (*LEP*) и кальпаина 1 (*CAPN1*)**

SNP	Генотип	Число животных	Доля в популяции, %
F94L <i>MSTN</i>	CC	147	100,00
	CA	0	0,00
	AA	0	0,00
Arg4Cys <i>LEP</i>	CC	48	32,65
	CT	71	48,30
	TT	28	19,05
<i>CAPN1_316</i>	GG	59	40,14
	GC	64	43,53
	CC	24	16,33

Желательный аллель А по полиморфизму F94L *MSTN* в изучаемой популяции породы галловей не обнаружен (рис. 2). Частоты предпочтительных с точки зрения продуктивности аллелей лептина (Т) и кальпаина 1 (С) были относительно высокими – 0,43 и 0,38 соответственно.

Среди абердин-ангусского скота, как и в изученной популяции галловейской породы, отмечено наличие всех трех возможных генотипов по полиморфизмам Arg4Cys *LEP* и *CAPN1_316* (табл. 2).

Следует отметить крайне низкую частоту генотипов с желательным по продуктивности аллелем А полиморфизма F94L *MSTN*. В популяции крупного рогатого скота абердин-ангусской породы обнаружена только одна телка с гетерозиготным генотипом по этому полиморфизму, что составило 0,70 % популяции.

Доля гомозиготных животных с наличием связанного с лучшими откормочными качествами аллеля Т-Arg4Cys *LEP* среди абердин-ангусов была на 12,67 % больше, чем среди галловеев (19,05 %). При этом гетерозиготных животных было на 4,16 % меньше. Примечательно наличие высокой доли гетерозиготных по этому гену животных в популяциях обеих пород.

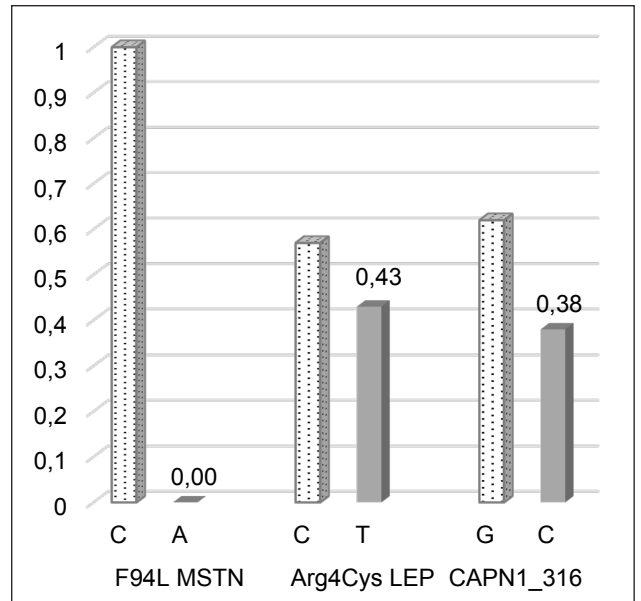


Рис. 2. Частоты аллелей полиморфизмов генов миостатина (F94L *MSTN*), лептина (Arg4Cys *LEP*) и кальпаина 1 (*CAPN1_316*) в российской популяции крупного рогатого скота породы галловей: белые столбцы соответствуют аллелю дикого типа, темные – мутантному аллелю, связанному с лучшими продуктивными показателями.

По частоте генотипов GC и CC полиморфизма гена кальпаина 1 *CAPN1_316*, аллель С которого ассоциирован с лучшим показателем нежности мяса, от-

Таблица 2. Частоты встречаемости генотипов полиморфизмов генов миостатина, лептина и кальпаина 1 в популяциях абердин-ангусской и галловейской пород

Полиморфизм	Генотип	Порода	
		галловейская (n=147)	абердин-ангусская (n=145)
F94L <i>MSTN</i>	CC	100,00	99,30
	CA	0,00	0,70
	AA	0,00	0,00
Arg4Cys <i>LEP</i>	TT	19,05	31,72
	CT	48,30	44,14
	CC	32,65	24,14
<i>CAPN1_316</i>	GG	40,14	61,38
	GC	43,53	30,34
	CC	16,33	8,28

мечено преимущество галловейского скота. Частота желательного гомозиготного по аллелю С генотипа в этой популяции оказалась почти в 2 раза выше, чем у абердин-ангусской породы (8,28 %). Одновременно доля особей с гетерозиготным генотипом была больше на 13,19 %.

По полиморфизму F94L *MSTN* популяции сравниваемых пород различались незначительно (рис. 3). Частота предпочтительного аллеля Т полиморфизма Arg4Cys гена лептина в популяции крупного рогатого скота абердин-ангусской породы составляла 0,54 против 0,43 в популяции галловеев, то есть на 11 % больше. По полиморфизму *CAPN1_316* наблюдали противоположную тенденцию: крупный рогатый скот породы галловей превосходил абердин-ангусский по доле животных с наличием в генотипе желательного аллеля С на 15 % (0,38 против 0,23).

суточных приростов, согласно которым разведение абердин-ангусского скота экономически более целесообразно [12].

В то же время, было замечено, что животные породы галловей способны выживать в более суровых условиях, чем абердин-ангусы. У галловеев длинная шерсть и толстый подшёрсток, что позволяет животным выдерживать экстремальные температуры и зимой, и летом. К тому же такая шерсть защищает галловеев от клещей и оводов в летний сезон [13].

Результаты генетических исследований показали, что галловейский скот по продуктивным качествам немного уступает абердин-ангусскому, но, вместе с тем, содержит в генотипе желательные аллели, связанные с откормочными качествами и нежностью мяса, что представляет интерес для дальнейшего изучения по маркерам продуктивности.

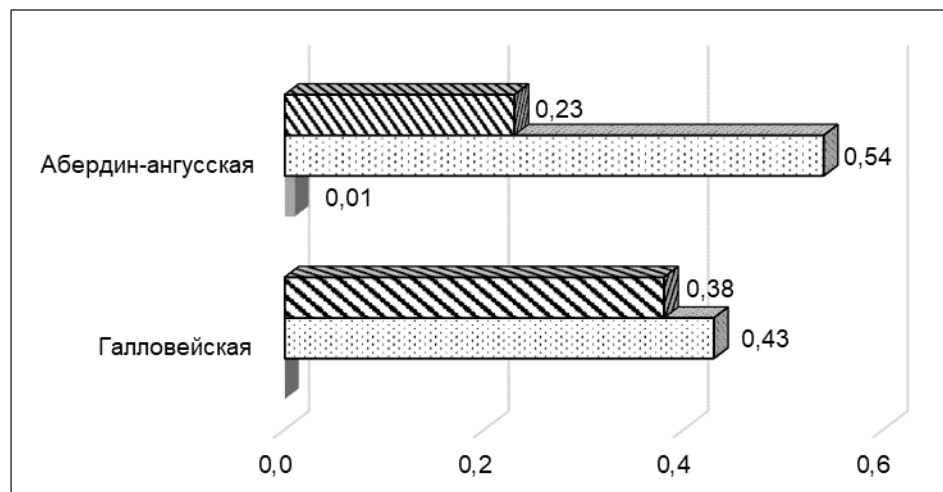


Рис. 3. Частоты встречаемости желательных аллелей полиморфизмов генов миостатина, лептина и кальпаина 1 в популяциях галловейской и абердин-ангусской пород: ▨ – *CAPN1_316*, ▤ – Arg4Cys *LEP*, ■ – F94L *MSTN*.

Следует отметить, что существуют разные точки зрения о целесообразности разведения крупного рогатого скота породы галловей на территории России. По некоторым мнениям, она не очень подходит для нашей страны, так как по сравнению с абердин-ангусской породой, коровы дороже и очень позднеспелые, а их мясо уступает по вкусовым качествам полученному от ангусов (<https://direct.farm/knowledge/animal/meat-breeds-cows/19>). Специалисты, занимающиеся перепродажей крупного рогатого скота, отмечают, что галловей пользуются меньшим спросом из-за своеобразного экстерьера с белым поясом, который нравится не всем (<https://moloko-chr.ru/articles/byk-i-korova/gallovejskaya-poroda-korov-kharakteristika-i-opisanie-vida.html>). Есть сведения, основанные на сравнении средне-

Практическим свидетельством успешного разведения крупного рогатого скота породы галловей в России можно считать ООО «Племенной центр «Смоленский галловей». К началу 2023 г в хозяйстве уже содержалось 550 голов скота, в том числе 250 голов – маточное поголовье. В связи с этим, можно рассматривать разведение крупного рогатого скота породы галловей на территории России в качестве альтернативы абердин-ангусской породе для улучшения мясных качеств местного поголовья, в особенности, в регионах

с суровыми климатическими условиями.

Выводы. Проведенное генотипирование показало наличие в популяции крупного рогатого скота породы галловей животных с аллелем Т по полиморфизму гена лептина Arg4Cys, связанного с лучшими откормочными качествами, и животных с аллелем С по полиморфизму *CAPN1_316* гена кальпаина 1, ассоциированному с более нежным мясом. На основании этого можно заключить, что галловейская порода крупного рогатого скота обладает определенным генетическим потенциалом в отношении показателей откорма и качества мяса, что делает ее весьма ценной для совершенствования племенной базы мясного скотоводства России. В перспективе представляется возможность улучшения продуктивных свойств, связанным с производством и качеством мяса, крупного

рогатого скота других пород путем их скрещивания с галловейями. Сравнение генетического профиля галловейской и абердин-ангусской пород крупного рогатого скота по изучаемым полиморфизмам генов миостатина, лептина и кальпаина 1 показало, что галловейская порода не сильно уступает, а в некоторых случаях и превосходит абердин-ангусскую по частотам встречаемости желательных генотипов и

аллелей, в связи с чем, ее можно рассматривать как достойную альтернативу для разведения в регионах с тяжелыми климатическими условиями. Это делает галловейскую породу крупного рогатого скота достойным объектом для дальнейших исследований, в частности, изучения ассоциаций генов продуктивности с фенотипами по селекционно-значимым свойствам.

Литература.

1. Фомина Н. В., Лоретц О. Г., Быкова О. А. Продуктивные качества животных абердин-ангусской породы с учетом селекционно-генетических параметров // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 3 (182). С. 37–42.
2. Продуктивные и биологические особенности комолого и рогатого скота герефордской породы / Н. В. Борисов, А. И. Рыков, А. С. Дуров и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 1. С. 32–34.
3. Зиновьева Н. А., Сермягин А. А., Доцев А. В. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота: миниобзор // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. № 4. С. 631–641. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.631rus.
4. The accuracy of genomic prediction for meat quality traits in Hanwoo cattle when using genotypes from different SNP densities and preselected variants from imputed whole genome sequence / M. Bedhane, J. Werf, S. Heras-Saldana, et al. // *Animal Production Science*. 2021. Vol. 62. No. 1. P. 21–28. doi: 10.1071/AN20659.
5. Determination of diplotypes associated with meat productivity in cattle breeds common in the territory of the republic of Kazakhstan / A. M. Nametov, I. S. Beishova, A. V. Belaya, et al. // *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 22. No. 3. P. 287–298. doi: 10.3844/ojbsci.2022.287.298.
6. Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits / E. Casas, S. N. White, T. L. Wheeler, et al. // *Journal of Animal Science*. 2006. Vol. 84. No. 3. P. 520–525. doi: 10.2527/2006.843520x.
7. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels / F. C. Buchanan, C. J. Fitzsimmons, A. G. Van Kesse, et al. // *Genetics, Selection, Evolution*. 2002. Vol. 34. No. 1. P. 105–116. doi: 10.1186/1297-9686-34-1-105.
8. The myostatin gene: An overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals / D. Aiello, K. Patel, E. Lasagna, et al. // *Animal Genetics*. 2018. Vol. 49. No. 6. P. 505–519. doi: 10.1111/age.12696.
9. McClure M., McClure J. Understanding genetics and complete genetic disease and trait definition. Bandon: ICBF, 2016. 42 p.
10. Genetic variations and haplotypic diversity in the myostatin gene of different cattle breeds in Russia / E. Konovalova, O. Romanenkova, A. Zimina, et al. // *Animals*. 2021. Vol. 11. No. 10. P. 1–13. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/10/2810> (дата обращения: 22.08.2023). doi: 10.3390/ani11102810.
11. ДНК-анализ полиморфизмов генов миостатина, лептина и кальпаина 1 у крупного рогатого скота абердин-ангусской породы российской популяции / Е. Н. Коновалова, М. И. Селионова, Е. А. Гладырь и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2023. Т. 58. № 4. С. 622–637. doi: 10.15389/agrobiology.2023.4.622rus.
12. Санова З. С. Эффективность выращивания крупного рогатого скота абердин-ангусской и галловейской пород // *Эффективное животноводство*. 2021. № 1. С. 60–62. doi: 10.24412/cl-33489-2021-1-60-62.
13. Смолий К. Галловей: идеальная порода мясного скота для начинающих фермеров // *Рынок АПК*. 2023. № 6 (235). С. 104–105.

References

1. Fomina NV, Loretts OG, Bykova OA. [Productive qualities of animals of the Aberdeen Angus breed, taking into account selection and genetic parameters]. *Agrarnyi vestnik Urala*. 2019;(3):37-42. Russian.
2. Borisov NV, Rykov AI, Durov AS, et al. [Productive and biological characteristics of polled and horned Hereford cattle]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2013;(1):32-4. Russian.
3. Zinov'eva NA, Sermyagin AA, Dotsev AV. [Animal genetic resources: Development of research into the allele pool of Russian cattle breeds: mini-review]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2019;54(4):631-41. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2019.4.631rus.
4. Bedhane M, Werf J, Heras-Saldana S, et al. The accuracy of genomic prediction for meat quality traits in Hanwoo cattle when using genotypes from different SNP densities and preselected variants from imputed whole genome sequence. *Animal Production Science*. 2021;62(1):21-8. doi: 10.1071/AN20659.
5. Nametov AM, Beishova IS, Belaya AV, et al. Determination of diplotypes associated with meat productivity in cattle breeds common in the territory of the republic of Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2022;22(3):287-98. doi: 10.3844/ojbsci.2022.287.298.
6. Casas E, White SN, Wheeler TL, et al. Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *Journal of Animal Science*. 2006;84(3):520-5. doi: 10.2527/2006.843520x.
7. Buchanan FC, Fitzsimmons CJ, Van Kesse AG, et al. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genetics, Selection, Evolution*. 2002;34(1):105-16. doi: 10.1186/1297-9686-34-1-105.
8. Aiello D, Patel K, Lasagna E, et al. The myostatin gene: An overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Animal Genetics*. 2018;49(6):505-19. doi: 10.1111/age.12696.
9. McClure M, McClure J. Understanding genetics and complete genetic disease and trait definition. Bandon (Ireland): ICBF; 2016. 42 p.
10. Konovalova E, Romanenkova O, Zimina A, et al. Genetic variations and haplotypic diversity in the myostatin gene of different cattle breeds in Russia. *Animals* [Internet]. 2021 [cited 2023 Aug 22];11(10):1-13. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/10/2810>. doi: 10.3390/ani11102810.
11. Konovalova EN, Selionova MI, Gladyr' EA, et al. [DNA analysis of polymorphisms of the myostatin, leptin and calpain 1 genes in Aberdeen Angus cattle of the Russian population]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2023;58(4):622-37. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2023.4.622rus.
12. Sanova ZS. [Efficiency of raising Aberdeen Angus and Galloway cattle]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2021;(1):60-2. Russian. doi: 10.24412/cl-33489-2021-1-60-62.
13. Smolii K. [Galloway: The ideal breed of beef cattle for beginning farmers]. *Rynok APK*. 2023;(6):104-5. Russian.