

16. Ali, A. A., O'Neill, C. J., Thomson, P. C., & Kadarmideen, H. N. (2012). Genetic parameters of infectious bovine keratoconjunctivitis and its relationship with weight and parasite infestations in Australian tropical Bos taurus cattle. *Genetics, Selection, Evolution: GSE*, 44(1), 22. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-44-22>.
17. Sheedy, D. B., Samah, F. E., Garzon, A., et al. (2021). Non-antimicrobial approaches for the prevention or treatment of infectious bovine keratoconjunctivitis in cattle applicable to cow-calf operations: A scoping review. *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*, 15(6), 100245. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100245>.
18. Jara, E., Peñagaricano, F., Armstrong, E., et al. (2022). Revealing the genetic basis of eyelid pigmentation in Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 100(5), skac110. <https://doi.org/10.1093/jas/skac110>.
19. Kizilkaya, K., Tait, R. G., Garrick, D. J., et al. (2013). Genome-wide association study of infectious bovine keratoconjunctivitis in Angus cattle. *BMC Genetics*, 14, 23. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-23>.
20. Kizilkaya, K., Tait, R. G., Garrick, D. J., et al. (2011). Whole genome analysis of infectious bovine keratoconjunctivitis in Angus cattle using Bayesian threshold models. *BMC Proceedings*, 5 Suppl 4 (Suppl 4), S22. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-S4-S22>.
21. Comin, H. B., Sollero, B. P., Gapar, E. B., et al. (2021). Genome-wide association study of resistance/susceptibility to infectious bovine keratoconjunctivitis in Brazilian Hereford cattle. *Animal Genetics*, 52(6), 881–886. <https://doi.org/10.1111/age.13141>.



УДК 636.22/28.034:636.082.2:636.234.1(571.150)  
DOI: 10.53083/1996-4277-2025-252-10-61-68

**Б.А. Сарычев, А.И. Афанасьева**  
**V.A. Sarychev, A.I. Afanaseva**

## МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА ЛЕПТИНА

### MILK PRODUCING ABILITY AND PRODUCTIVE LONGEVITY OF HOLSTEIN COWS DEPENDING ON LEPTIN GENE POLYMORPHISM

**Ключевые слова:** коровы, голштинская порода, ген, лептин, полиморфизм, молочная продуктивность, лактация, удой, жирномолочность, белковомолочность.

Цель исследования – проанализировать уровень молочной продуктивности, воспроизводительную способность и продолжительность продуктивного долголетия коров голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена лептина (LEP). Этот ген кодирует соответствующий гормон – лептин, участвующий в регуляции энергетического обмена за счет изменения интенсивности метаболических процессов и тесной взаимосвязи с гормонами роста, половыми и щитовидной железой. При этом изменение нуклеотидной последовательности в гене влияет на активность вырабатываемого лептина, что также

может влиять на продуктивное долголетие крупного рогатого скота. В связи с этим нами были проведены исследования на базе АО «Учхоз «Пригородное». Образцы крови для изучения однонуклеотидного полиморфизма (SNP) гена LEP получены от 100 коров голштинской породы. Установлено, что коровы-носители генотипа LEP<sup>CC</sup> характеризовались большей продолжительностью хозяйственного использования на 9,3 и 1,2% и возрастом в лактациях при выбытии на 15,9 и 12,0% соответственно, в сравнении с носителями генотипов LEP<sup>CT</sup> и LEP<sup>TT</sup>. Максимальная молочная продуктивность проявлялась у коров-первотелок, имеющих генотип LEP<sup>TT</sup>, в то время как у полновозрастных животных, наращивающих свою продуктивность, максимальный прижизненный удой на 4% выше при наличии генотипа LEP<sup>CC</sup>. Косвенным свидетельством высокого функционального

напряжения организма коров с генотипом LEP<sup>TT</sup> является более высокое содержание жира и белка в молоке на фоне высоких удоев. При анализе взаимосвязи между полиморфизмом изучаемого гена и воспроизводительной функцией достоверных тенденций не обнаружено. Тем не менее, на наш взгляд, это имеет прогнозное значение при анализе селекционного эффекта, так как этот генотип больше ассоциирован с качеством молока и не оказывает негативного эффекта на фертильность и репродуктивный потенциал животных изучаемой популяции.

**Keywords:** cows, Holstein cattle, gene, leptin, polymorphism, milk producing ability, lactation, milk yield, butterfat yield, protein yield.

The research goal is to analyze the level of milk producing ability, reproductive ability and duration of productive longevity of Holstein cows depending on the polymorphism of the leptin gene (LEP). This gene encodes the corresponding hormone - leptin which is involved in the regulation of energy metabolism by changing the intensity of metabolic processes and a close relationship with growth hormones, sex hormones and the thyroid gland. At the same time, a change in the nucleotide sequence in the gene affects the activity of the pro-

duced leptin which can also affect the productive longevity of cattle. In this regard, we conducted research on the farm of the AO Uchkhoz Prigorodnoe. Blood samples from 100 Holstein cows were taken to study the single nucleotide polymorphism (SNP) of the LEP gene. It was found that cows carrying the LEP<sup>CC</sup> genotype were characterized by a longer economic longevity by 9.3 and 1.2% and the age in lactations at culling by 15.9 and 12.0%, respectively, as compared to the carriers of the LEP<sup>CT</sup> and LEP<sup>TT</sup> genotypes. The maximum milk producing ability was demonstrated by first-calf heifers with the LEP<sup>TT</sup> genotype, while in adult animals increasing their producing ability, the maximum lifetime milk yield was by 4% higher in the presence of the LEP<sup>CC</sup> genotype. Indirect evidence of high functional stress on the body of cows with the LEP<sup>TT</sup> genotype is a higher content of butterfat and protein in milk against the background of high milk yields. When analyzing the relationship of the polymorphism of the gene under study and the reproductive function no reliable trends were found. However, in our opinion, this has a predictive value when analyzing the selection effect, since this genotype is more associated with milk quality and does not have a negative effect on the fertility and reproductive potential of animals in the population under study.

**Сарычев Владислав Андреевич**, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: smy-asau@yandex.ru.

**Афанасьева Антонина Ивановна**, д.б.н., профессор, декан биолого-технологического факультета, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: antonina59-09@mail.ru.

**Sarychev Vladislav Andreevich**, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: smy-asau@yandex.ru.

**Afanaseva Antonina Ivanovna**, Dr. Bio. Sci., Prof., Dean, Biotechnological Dept., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: antonina59-09@mail.ru.

## Введение

В настоящее время является аксиомой утверждение о том, что повышение молочной продуктивности невозможно без использования передовых методов селекции. Зачастую значение селекции недооценивают, отдавая предпочтение только кормлению животных, при этом забывая, что селекционный процесс должен быть не просто непрерывным, но и постоянно совершенствоваться, так как популяция высокопродуктивных животных, оставшихся без постоянно прогрессирующего селекционного давления, начнет неуклонно стагнировать, возвращаясь к показателям аборигенных форм.

Понимание генетических основ, влияющих на продуктивность и здоровье, позволяет селекционерам более эффективно проводить отбор животных, что приводит к повышению общей экономической эффективности молочного скотоводства [1, 2].

При интенсификации молочного животноводства важно учитывать, что селекционная работа, ориентированная исключительно на повышение удоев, приводит к закреплению наследственных признаков, но одновременно уменьшает общую генетическую вариабельность, что при разведении высокопродуктивного молочного скота нередко сопровождается высоким процентом заболеваемости и сокращением периода хозяйств

ственного использования. В связи с этим сохранение генетического многообразия обеспечивает адаптивный потенциал животных в условиях высокой технологической нагрузки [2]. Голштинская порода, известная своими высокими показателями продуктивности, требует постоянного генетического совершенствования для поддержания конкурентоспособности на рынке. В связи с этим для повышения скорости и интенсивности селекционного процесса необходимо, совместно с традиционными методами, использовать и ДНК-технологии, основанные на выявлении особенностей последовательности нуклеотидов в их геноме. Одним из таких методов является маркерная селекция. Однако этот метод имеет ряд ограничений в связи с проблемой нахождения эффективных маркеров хозяйствственно-полезных признаков. Тем не менее среди множества генов можно выделить группу «мажорных» генов, вносящих наибольший вклад в формирование молочной продуктивности и направленности обменных процессов. К таким генам, например, относится ген лептина.

Лептин – гормон, регулирующий энергетический и липидный обмен, играет важную роль в метаболических процессах и, благодаря своим ключевым биологическим свойствам, является одним из наиболее значимых генов-кандидатов, связанных с хозяйствственно-полезными признаками крупного рогатого скота [3].

Таким образом, цель исследования – проанализировать уровень молочной продуктивности и продолжительность хозяйственного долголетия коров голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена лептина (LEP).

Для достижения цели исследования перед нами были поставлены следующие задачи:

- 1) проанализировать влияние полиморфизма гена лептина (LEP) на продолжительность продуктивного использования и возраст выбытия коров голштинской породы;

- 2) изучить взаимосвязь между разными генотипами лептина и уровнем молочной продуктивности у коров в разные возрастные периоды;

- 3) оценить наличие и характер взаимосвязи полиморфизма гена LEP с воспроизводительной способностью коров.

## Материал и методы исследования

Исследования проводились на базе АО «Учхоз «Пригородное». Для анализа однонуклеотидного полиморфизма гена LEP было отобрано 100 образцов крови коров голштинской породы. ДНК выделяли из цельной крови, консервированной ЭДТА-К3, с использованием сорбционного метода («ДНК-сорб В», ЦНИИ Эпидемиологии, Россия). Реагенты для молекуллярных исследований предоставлены ООО «ДНК-синтез» (Россия). Определение SNP rs43703017 (g.87390632A>G; Ser176Gly) выполняли методом ПЦР в режиме реального времени.

Продолжительность хозяйственного использования, оценку молочной продуктивности, содержания жира и белка в молоке проводили на основании данных ИАС «Селэкс». Биометрический анализ данных осуществляли в среде MS Excel.

Выражаем благодарность Министерству сельского хозяйства Алтайского края за предоставление гранта в форме субсидий (№ 122080300001-5), в рамках которого была создана лаборатория «ПЦР-диагностики животных» ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ.

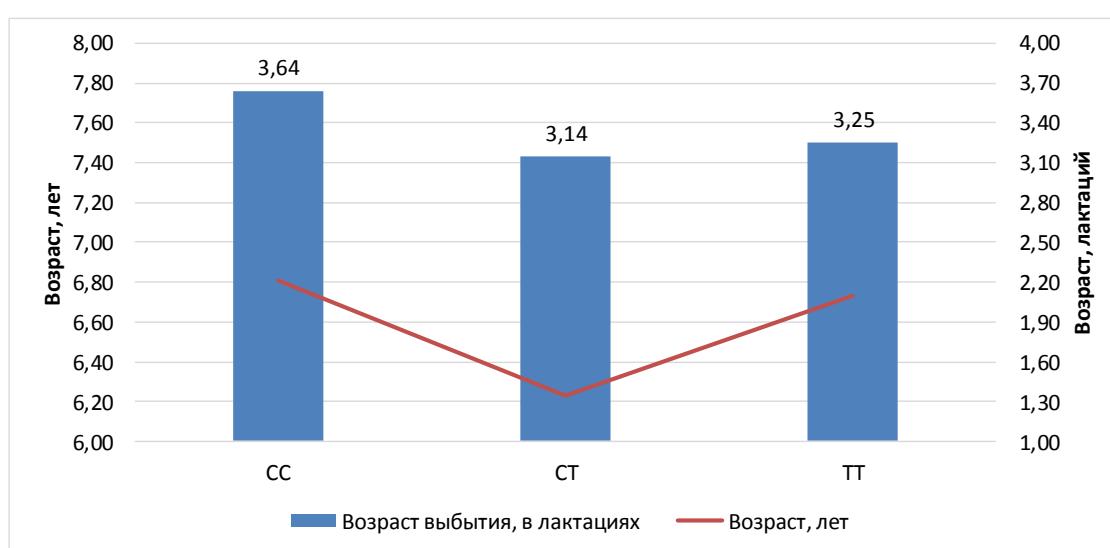
## Результаты и их обсуждение

Одним из важных компонентов регуляции аппетита и энергетического обмена у животных является лептин, который синтезируется клетками-адипоцитами. Благодаря активному участию лептина в регуляции метаболических процессов, он увеличивает энергозатраты на синтез макроэргических молекул, что оказывает влияние на интенсивность процесса молокообразования. В связи с этим выявление ассоциативных связей между аллелями гена лептина (LEP) и уровнем молочной продуктивности открывает возможности для разработки эффективных селекционных программ, направленных не только на повышение продуктивности, но и продуктивного долголетия животных [2-4].

Изучение продуктивного долголетия коров в зависимости от полиморфизма гена лептина важно для улучшения воспроизводительных характеристик стада и адаптации животных к

условиям содержания. Нахождение генетических маркеров, связанных с повышением количественных и качественных характеристик молока, а также увеличение срока хозяйственного использования животных позволяют отбирать более продуктивных и устойчивых животных, что снижает затраты на замену поголовья и увеличивает рентабельность производства молока [4]. Кроме того, исследования в этой области

способствуют созданию устойчивых популяций, способных адаптироваться к изменениям в окружающей среде, что важно для стабильного ведения животноводства в суровых природно-климатических условиях. Нами проведен анализ продолжительности хозяйственного использования животных в связи с особенностями полиморфизма гена лептина (рис.).



*Рис. Продолжительность хозяйственного использования коров в зависимости от полиморфизма гена лептина*

Анализируя полученные результаты, становится ясно, что на продуктивное долголетие коров определенное влияние оказывает полиморфизм гена лептина. Так, коровы-носители генотипа  $LEP^{CC}$  характеризовались большей продолжительностью хозяйственного использования на 9,3 и 1,2%, а также большем возрастом в лактациях при выбытии на 15,9 и 12,0%, в сравнении с носителями генотипов  $LEP^{CT}$  и  $LEP^{TT}$  соответственно.

Ген лептина, обладая выраженной плейотропией, выступает регулятором множества физиологических процессов, охватывая не только пищевое поведение, но и иммунный ответ, репродуктивную функцию, а также параметры роста, развития и продуктивности животных [5-7].

Анализ вариабельности молочной продуктивности, обусловленной полиморфизмом гена лептина на разных стадиях лактационного цикла, представлен в таблице 1.

*Таблица 1*

*Возрастная динамика величины удоев у коров голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена лептина ( $LEP$ ), кг*

Показатель	Генотип $LEP$		
	CC	CT	TT
1-я лактация	7406,8±232,7	7362,8±210,3	7502,6±213,8
2-я лактация	8419,1±349,5	8516,3±252,1	9012,6±261,7
3-я лактация	8875,2±320,2	8753,5±278,2	8555,2±360,1
Последняя законченная лактация	9068,3±254,8	8652,0±343,7	8694,3±354,1
Валовый прижизненный удой	30521,6±1445,15	28847,2±1504,42	29339,5±2256,45

Анализ литературных источников свидетельствует, что первотёлки с генотипом  $LEP^{TT}$  чаще характеризуются повышенными удоями, тогда как у взрослых животных максимальная молочная продуктивность ассоциирована с генотипом  $LEP^{CC}$ . Указанное расхождение, вероятно, связано с тем, что у особей с генотипом  $LEP^{TT}$  наблюдаются более эффективный метаболизм, способствующий лучшему образованию молока в первых двух лактациях, и наивысший удой. Однако в третьей лактации их продуктивность снижается, возможно, из-за истощения ресурсов организма или изменения метаболических процессов. Из-за способности животных с генотипом  $LEP^{TT}$  показывать максимальную продуктивность в первую и вторую лактации, они более предпочтительны при отборе в условиях высокой интенсивности производства, при которой средняя продолжительность использования коров 1,8-2,5 лактации, что позволяет за 1-2 лактации получить от них максимальное количество молока. В наших исследованиях животные с генотипом  $LEP^{CC}$  постепенно наращивают свою продуктивность, раскрывая продуктивный потенциал, будучи полновозрастными животными.

Исследования показали, что в сочетании с большим сроком хозяйственного использования

от животных с генотипом  $LEP^{CC}$  можно получить более высокий прижизненный удой в среднем на 4% (табл. 1).

Наблюдаемая зависимость, вероятно, обусловлена повышенной экспрессией гена  $LEP$  у гомозиготных по аллелю  $T$  особей по сравнению с носителями генотипа  $CC$ . Согласно Buchanan et al. (2002) [8], аллель  $T$ , кодирующий цистein, связан с повышенной экспрессией мРНК лептина. Ученые выдвинули гипотезу, что дополнительное неспаренное присутствие цистеина в молекуле лептина может влиять на третичную структуру белка и снижать его активность. Таким образом, гомозиготы  $LEP^{TT}$  будут вырабатывать гормон, в значительной степени нераспознаваемый его рецептором. Это приведет к подавлению снижения экспрессии лептина и увеличению уровня лептина в сыворотке. Другим следствием меньшей активности варианта цистеина у этих животных может быть более высокое потребление корма, что приводит к увеличению содержания жира в ткани, а у дойных молочных коров – к более раннему восстановлению при отрицательном энергетическом балансе и большей молочной продуктивности [5].

Таблица 2

**Взаимосвязь полиморфизма гена лептина ( $LEP$ )  
с показателями жиромолочности и белковомолочности у коров разного возраста, %**

Возраст	Генотип $LEP$		
	CC	CT	TT
Массовая доля жира в молоке (МДЖ)			
1-я лактация	4,29±0,031	4,29±0,022	4,29±0,021
2-я лактация	4,31±0,041	4,34±0,031	4,34±0,042
3-я лактация	4,34±0,033	4,41±0,033	4,44±0,041
Последняя законченная лактация	4,36±0,041	4,40±0,032	4,48±0,033*
Массовая доля белка в молоке (МДБ)			
1-я лактация	3,11±0,012	3,10±0,014	3,12±0,013
2-я лактация	3,13±0,013	3,13±0,012	3,13±0,011
3-я лактация	3,13±0,014	3,13±0,013	3,16±0,012
Последняя законченная лактация	3,14±0,011	3,16±0,012	3,17±0,012*

Примечание. \* $P \leq 0,05$  – разница статистически достоверна, в сравнении с генотипом  $LEP^{CC}$ .

Установлено, что у животных с генотипом  $LEP^{TT}$  отмечается более высокий уровень содержания жира и белка в молоке, у коров с генотипом  $LEP^{CC}$  эти показатели минимальны (табл. 2). В сравнительном аспекте с особями с генотипом  $LEP^{CC}$ , молоко коров с генотипом  $LEP^{TT}$  характеризуется увеличением массовой доли жира от 0,69 до 2,68% и белка – от 0,36 до 0,96% в период с первой по последнюю законченную лактацию. Гетерозиготный генотип  $LEP^{CT}$  по жиро- и белковомолочности занимает промежуточное положение.

Лептин выполняет роль ключевой сигнальной молекулы, связывающей питание с репродуктивной функцией, однако его роль в формировании молочной продуктивности достаточно не

изучена. Имеются сведения о его влиянии на уровень жира и белка в молоке [6-9]. Имеются данные, что лептин может выступать в роли физиологического индикатора достаточности энергетических ресурсов, необходимых для выполнения репродуктивной функции, одновременно влияя на синтез стероидных гормонов в яичниках [10]. Как подчеркивает A. Trakovicka [6], поддержание адекватного уровня лептина является необходимым условием нормального наступления полового созревания у животных.

В связи с вышеизложенным нами проанализированы взаимосвязи полиморфизма гена лептина с показателями воспроизводительной способности лактирующих коров (табл. 3).

Таблица 3

*Воспроизводительная способность коров в зависимости от полиморфизма гена лептина*

Показатель	Полиморфизм гена LEP		
	CC	CT	TT
Сухостойный период			
1-2-я лактация	51,70±2,61	45,03±2,90	50,93±1,96
2-3-я лактация	49,42±2,97	50,04±3,09	49,07±4,30
Последняя законченная лактация	50,25±2,90	57,21±3,04	56,43±4,84
Сервис-период			
1-я лактация	120,96±11,34	164,33±13,17	160,71±19,17
2-я лактация	150,14±19,09	121,63±9,99	154,21±16,88
3-я лактация	140,75±24,72	156,60±18,92	112,08±12,54
Последняя законченная лактация	186,17±22,31	161,88±14,70	146,36±23,32
Межотельный период			
1-2-я лактация	405±10,48	447,13±13,88	441,79±19,20
2-3-я лактация	434,56±19,14	405,19±10,02	433,71±20,04
Последняя законченная лактация	471,00±13,07	446,43±30,62	431,64±54,86

Следует отметить, что в ходе исследования прямой статистической связи между полиморфизмом гена лептина и показателями воспроизводительной способности коров установлено не было. Вместе с тем наблюдались некоторые тенденции в длительности сервис-периода в зависимости от генотипа и лактации. Так, у животных с гомозиготным генотипом  $LEP^{TT}$  в третьей лактации сервис-период оказался наименьшим – 112,08 дня. У коров с гетерозиготным генотипом  $LEP^{CT}$  минимальный сервис-

период отмечался во второй лактации – 121,63 дня, тогда как носители генотипа  $LEP^{CC}$  демонстрировали наименьший сервис-период в первой лактации – 120,96 дня. В период между первой и второй лактацией у животных с генотипом  $LEP^{CT}$  продолжительность межотельного периода была на 10% больше, по сравнению с носителями генотипа  $LEP^{CC}$ , тогда как коровы с генотипом  $LEP^{TT}$  характеризовались средней продолжительностью межотельного периода – 442 дня. Однако, во вторую-третью лактацию

ситуация меняется: животные с гетерозиготным генотипом LEP<sup>CT</sup> демонстрируют наименьшие значения продолжительности межотельного периода – 405 дней, что на 7% лучше показателей группы с генотипом LEP<sup>CC</sup> и LEP<sup>TT</sup>.

К концу последней завершённой лактации наилучшие показатели зафиксированы у коров с гомозиготным генотипом LEPTT – 432 дня, что на 8% меньше, чем у животных с генотипом LEPCC (471 день), и на 3 % меньше по сравнению с коровами с гетерозиготным генотипом LEPCT – 446 дней.

При анализе взаимосвязи между полиморфизмом изучаемого гена и воспроизводительной функцией достоверных тенденций не обнаружено. Тем не менее, на наш взгляд, это имеет положительное значение для прогнозирования селекционного эффекта, так как этот генотип больше ассоциирован с качеством молока и не оказывает негативного эффекта на фертильность и репродуктивный потенциал животных изучаемой популяции.

### Выводы

Установленные нами результаты анализа ассоциативных связей полиморфизма гена лептина с продуктивными показателями крупного рогатого скота создают перспективы для расширения прогноза племенной ценности голштинского скота и в дополнении к традиционным методам селекции могут быть использованы при разведении голштинского скота в условиях Алтайского края с целью повышения молочной продуктивности и продуктивного долголетия.

### Библиографический список

- Дубовская, М. П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы / М. П. Дубовская, Н. П. Герасимов. – DOI 10.33284/2658-3135-103-3-91. – Текст: непосредственный // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103, № 3. – С. 91-101. – EDN ZNLSRY.
- Полиморфизм гена лептин и его влияние на показатели молочной продуктивности коров / А. И. Ганджа, О. П. Курак, Н. В. Журина [и др.]. – Текст: непосредственный // Зоотехническая наука Беларусь. – 2017. – Т. 52, № 1. – С. 37-45. – EDN ZEVVBH.
- Влияние полиморфизма гена лептина (LEP) на молочную и мясную продуктивность коров-первотелок голштинской породы / Э. Р. Гайнутдинова, Н. Ю. Сафина, Ш. К. Шакиров, М. И. Варламова. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-245-1-24-28. – Текст: непосредственный // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2021. – Т. 245, № 1. – С. 24-28. – EDN ZRWOHH.
- Bhat, S., Andrahi, S., Khan, S., et al. (2017). Association of DGAT1, beta-casein and leptin gene polymorphism with milk quality and yield traits in Jersey and its cross with local Kashmiri cattle. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5 (6):557-561.
- Сафина, Н. Ю. Молочная продуктивность коров-первотелок голштинской породы с разными генотипами лептина (LEP) в зависимости от периода лактации и сезона года / Н. Ю. Сафина, Ш. К. Шакиров, Ю. Р. Юльметьев. – Текст: непосредственный // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 5. – С. 58-64. – EDN XRLAZV.
- Trakovická, A., Moravčíková, N., & Kasarda, R. (2013). Genetic polymorphisms of leptin and leptin receptor genes in relation with production and reproduction traits in cattle. *Acta Biochimica Polonica*, 60 (4), 783–787.
- Совместимость высокой молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров-первотелок голштинской породы в разрезе полиморфизма гена лептина (Lep) / Н. Ю. Сафина, Ш. К. Шакиров, Ю. Р. Юльметьева, Т. М. Ахметов. – Текст: непосредственный // Ветеринарный врач. – 2018. – № 6. – С. 57-60.
- Buchanan, F. C., Fitzsimmons, C. J., Van Kessel, A. G., et al. (2002). Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with

carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genetics, Selection, Evolution: GSE*, 34 (1), 105–116. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-34-1-105>.

9. Связь полиморфизма гена лептина (LEP) с хозяйственными полезными признаками крупного рогатого скота / П. О. Щеголев, К. Д. Сабетова, А. А. Чайцкий, А. Сорокина. – DOI 10.52025/2712-8679\_2021\_01\_25. – Текст: непосредственный // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2021. – № 1 (1). – С. 25-32. – EDN HBJLBZ.

10. Ассоциация полиморфизма гена лептина (LEP) с динамикой роста и молочной продуктивностью коров-первотелок голштинской породы / Ф. Ф. Зиннатова, Ш. К. Шакиров, Ю. Р. Юльметьева [и др.]. – DOI 10.31857/S250026270000535-3. – Текст: непосредственный // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 4. – С. 46-49. – EDN YAMJSX.

### References

1. Dubovskova, M. P. Geneticheskaiia struktura i assotsiatsiia polimorfizma genov gormona rosta (L127V) i leptina (A80V) s produktivnostiu v severokavkazskoi populiatsii gerefordskoi porody / M. P. Dubovskova, N. P. Gerasimov // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. – 2020. - T. 103, No. 3. - S. 91-101. - DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91.
2. Polimorfizm gena leptin i ego vlianie na pokazateli molochnoi produktivnosti korov / A. I. Gandzha, O. P. Kurak, N. V. Zhurina [i dr.] // Zootehnicheskaiia nauka Belarusi. – 2017. – T. 52, No. 1. – S. 37-45.
3. Vliianie polimorfizma gena leptina (LEP) na molochnuiu i miasnuiu produktivnost korov-pervotelok golshinskoi porody / E. R. Gainutdinova, N. Iu. Safina, Sh. K. Shakirov, M. I. Varlamova // Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana. – 2021. – T. 245, No. 1. – S. 24-28. – DOI 10.31588/2413-4201-1883-245-1-24-28.
4. Bhat, S., Andrahi, S., Khan, S., et al. (2017). Association of DGAT1, beta-casein and leptin gene polymorphism with milk quality and yield traits in Jersey and its cross with local Kashmiri cattle. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5 (6):557-561.
5. Safina, N. Iu. Molochnaia produktivnost korov-pervotelok golshinskoi porody s raznymi genotipami leptina (LEP) v zavisimosti ot perioda laktatsii i sezona goda / N. Iu. Safina, Sh. K. Shakirov, Iu. R. Iulmeteva // Veterinariia, zootehnika i biotekhnologiya. – 2018. – № 5. – S. 58-64.
6. Trakovická, A., Moravčíková, N., & Kasarda, R. (2013). Genetic polymorphisms of leptin and leptin receptor genes in relation with production and reproduction traits in cattle. *Acta Biochimica Polonica*, 60 (4), 783–787.
7. Safina, N. Iu. Sovmestimost vysokoi molochnoi produktivnosti i vosproizvoditelnoi sposobnosti korov-pervotelok golshinskoi porody v razreze polimorfizma gena leptin (Lep) / N. Iu. Safina, Sh. K. Shakirov, Iu. R. Iulmeteva, T. M. Akhmetov // Veterinarnyi vrach. – 2018. – № 6. – S. 57-60.
8. Buchanan, F. C., Fitzsimmons, C. J., Van Kessel, A. G., et al. (2002). Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genetics, Selection, Evolution: GSE*, 34 (1), 105–116. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-34-1-105>.
9. Sviaz polimorfizma gena leptina (LEP) s khoziaistvenno poleznymi priznakami krupnogo rogatogo skota / P. O. Shchegolev, K. D. Sabetova, A. A. Chaitskii, A. Sorokina // Agrarnyi vestnik Nechernozemia. – 2021. – № 1 (1). – S. 25-32. – DOI 10.52025/2712-8679\_2021\_01\_25.
10. Assotsiatsiia polimorfizma gena leptin (LEP) s dinamikoi rosta i molochnoi produktivnostiu korov-pervotelok golshinskoi porody / F. F. Zinnatova, Sh. K. Shakirov, Iu. R. Iulmeteva [i dr.] // Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. – 2018. – №. 4. – S. 46-49. – DOI 10.31857/S250026270000535-3.

