

Научная статья
УДК 636.082
doi:10.35694/YARCX.2023.62.2.010

АССОЦИАЦИЯ ГЕНА ГОРМОНА РОСТА С ПРОДУКТИВНЫМИ ПРИЗНАКАМИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА (ОБЗОР)

П. О. Щеголев¹, К. Д. Сабетова², А. А. Чаицкий³, А. Д. Лемякин⁴, Л. С. Баданина⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Караваево, Россия

Автор, ответственный за переписку: Алексей Александрович Чаицкий, leha.chaittskiy@mail.ru, ORCID 0000-0002-5853-3809

Реферат. Целью представленной работы являлся анализ научных публикаций, связанных с изучением влияния гена гормона роста (bGH) на продуктивные признаки крупного рогатого скота, преимущественно в отечественных породах молочного направления продуктивности. В данном обзоре рассматриваются основные полиморфизмы гена bGH, распределение генотипов и аллелей в различных породах скота молочного и мясного направлений продуктивности, а также влияние данного гена на различные продуктивные признаки животных. Обзор публикаций, затрагивающих ген bGH, показал большой объём накопленных данных, однако обобщение этой информации представляет собой непростую задачу, поскольку некоторые данные о влиянии полиморфизма гена bGH на продуктивные признаки крупного рогатого скота противоречат друг другу. Подобные противоречия могут обуславливаться комплексным характером взаимодействия гена гормона роста с генами соматотропинового каскада и некоторыми другими ДНК-маркерами обмена веществ. Поэтому представляется целесообразным изучение гена гормона роста исключительно в комплексе с другими генами соматотропинового каскада (гипофизарного фактора транскрипции – bPit1, пролактина – bPRL, соматотропин-высвобождающего гормона – bGHRH и инсулиноподобного фактора – bIGF1), а также с другими генами, кодирующими регуляторы обмена веществ (тиреоглобулина – TG5, лептина – LEP, диацилглицерол-О-ацилтрансферазы – DGAT1 и др.), и с генами, кодирующими протеины молока. Исследование комплексных генотипов, включающих ген гормона роста, позволит снизить влияние неучтённых генетических факторов на изучаемые продуктивные признаки животных, что повысит точность анализа данных и снизит вероятность принятия ошибочных решений при проведении селекционно-племенной работы.

Ключевые слова: ген гормона роста, соматотропин, bGH, полиморфизм, SNP, крупный рогатый скот, молочная продуктивность, мясная продуктивность

ASSOCIATION OF THE GROWTH HORMONE GENE WITH THE PRODUCTIVE TRAITS OF CATTLE (REVIEW)

Pavel O. Shchegolev¹, Ksenia D. Sabetova², Aleksey A. Chaittskiy³, Aleksandr D. Lemyakin⁴, Lada S. Badanina⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

Author responsible for correspondence: Aleksey A. Chaittskiy, leha.chaittskiy@mail.ru, ORCID 0000-0002-5853-3809

Abstract. The purpose of presented work was to analyze scientific publications related to the study of the effect of the growth hormone gene (bGH) on the productive traits of cattle, mainly in domestic dairy breeds of productivity. This review discusses the main polymorphisms of the bGH gene, the distribution of genotypes and alleles in various breeds of dairy and beef cattle productivity, as well as the effect of this gene on various productive traits of animals. A review of publications concerning the bGH gene showed a large amount of accumulated data, however, summarizing this information is not an easy task, since some data on the effect of bGH gene polymorphism on the productive traits of cattle contradict each other. Such contradictions may be due to the complex nature of the interaction of the growth hormone gene with the genes of the somatotropin cascade and some other DNA markers of metabolism. Therefore, it seems appropriate to study the growth hormone gene exclusively in combination with other genes of the somatotropin cascade (pituitary transcription

factor – bPit1, prolactin – bPRL, somatotropin-releasing hormone – bGHRH and insulin-like factor – bIGF1), as well as with other genes encoding metabolic regulators (thyroglobulin – TG5, leptin – LEP, diacylglycerol-O-acyltransferase – DGAT1, etc.) and with genes encoding milk proteins. The study of complex genotypes including the growth hormone gene will reduce the influence of unaccounted genetic factors on the studied productive traits of animals, which will increase the accuracy of data analysis and reduce the likelihood of making erroneous decisions during selective and breeding work.

Keywords: growth hormone gene, somatotropin, bGH, polymorphism, SNP, cattle, milk productivity, meat productivity

Финансирование: исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации № МК-5026.2022.5.

Введение. По мере внедрения достижений биотехнологии в племенное животноводство многие его отрасли проходят период радикальной трансформации [1]. В частности, это наблюдается в настоящее время, когда в практику отечественного скотоводства внедряется маркер-ориентированная селекция. Исследуется всё большее количество генов крупного рогатого скота, являющихся перспективными кандидатами, ассоциированными с хозяйственно полезными признаками. Исследованные ранее гены-маркеры изучаются в новых условиях, на новых популяциях животных и в сочетании с другими ДНК-маркерами.

В результате широкого внедрения инструментов ДНК-маркерной селекции в практику скотоводства ожидается упрощение и ускорение выявления животных с наиболее высоким наследственным потенциалом продуктивности, обладающих генетической устойчивостью к заболеваниям и неблагоприятным условиям внешней среды. Преимущество генетических маркеров состоит в их константности в течение жизни животного вне зависимости от условий окружающей среды, что позволяет проводить чёткий генетический контроль популяций [2].

Существует ряд генов, напрямую определяющих продуктивные качества молочного скота. И. В. Лазебная с соавторами (2011) к подобным генам относят гены, кодирующие белки молока (казеины, лактоальбумины и лактоглобулины). Другая группа генов действует посредством синтеза специфических протеинов (гормонов и тканевых стимуляторов) и белков-рецепторов, связывающих эти белковые продукты с передачей сигнала на гены-мишени. К этой же группе можно отнести гены факторов транскрипции, кодирующие белки-регуляторы биосинтеза ферментов и гормонов [3]. Среди ДНК-маркеров продуктивности крупного рогатого скота одним из наиболее изученных является ген гормона роста – bGH.

Гормон роста – соматотропин – синтезируется в передней доле гипофиза и выполняет широкий спектр регуляторных функций. У жвачных живот-

ных гормон роста участвует в регуляции роста и развития, репродуктивной функции, в том числе лактогенезе [4]. Кроме того, по мнению Л. И. Васильевой и В. И. Митютько (2017), соматотропин обладает «лактогенным, инсулиноподобным, диабетогенным, жиромобилизующим и нейротропным действием» [5].

Несмотря на большое количество накопленных данных, касающихся гена гормона роста, ещё остаются вопросы, связанные с его взаимосвязью с отдельными хозяйственно полезными признаками как в одиночном виде, так и в комплексе с другими ДНК-маркерами. Поэтому целью нашей работы являлся сбор и анализ литературных данных о биологическом действии гена соматотропина, его полиморфизме, распределении генотипов в различных, преимущественно отечественных, породах крупного рогатого скота и связи аллелей и генотипов с различными хозяйственно полезными признаками.

Материал и методы. Для составления обзора использовались базы данных электронных библиотек eLibrary (<https://elibrary.ru/>), КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru/>) и PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>). В ходе работы было отобрано 62 литературных источника, из которых 48 было включено в текст обзора.

Результаты и обсуждение. Ген гормона роста (bGH или bST) у крупного рогатого скота локализован в 19-й хромосоме и достигает длины 1793 п. н. В структуру гена входит 4 интрона (A, B, C, D) и 5 экзонов [4–7].

Ряд исследователей предлагают рассматривать биологическую реализацию гена bGH не в отдельности, а в составе генов соматотропинового каскада (somatotropicaxis genes). Компоненты этой системы генов задействованы в запуске секреции соматотропина, его транспорте, передаче сигнала от молекулы гормона к клетке-мишени и регуляции экспрессии генов в клетке мишени. В группу генов соматотропинового каскада, помимо собственно гена соматотропина (bGH), также относят гены: bPit1 (гипофизарного фактора транскрипции 1), bPRL (пролактина), bGHRH (соматотропин-

высвобождающего гормона), bIGF1 (инсулиноподобного фактора 1) [8–12].

На данный момент в гене bGH идентифицировано 63 однонуклеотидных полиморфизма (SNP), причём только 3 из них находятся в кодирующей части гена (в экзоне 5). Остальные 60 SNP локализованы на 5' и 3' концах нетранслируемых регионов (UTR) гена bGH, а также в интроне D [13]. Наиболее часто при изучении гена bGH уделяется внимание двум полиморфизмам: bGH-AluI и bGH-MspI.

Полиморфизм bGH-AluI, известный также как bGH-L127V, проявляется в виде замены цитозина на гуанин (rs41923484) в экзоне 5, обуславливающей подстановку аминокислоты лейцин вместо валина в позиции 127 синтезируемой полипептидной цепи. Своё наиболее распространённое наименование полиморфизм получил по названию фермента рестриктазы AluI, используемой для определения данного полиморфизма. Аллель bGH-AluI^L содержит нуклеотид C, что создаёт сайт рестрикции для фермента AluI. Аллель bGH-AluI^V содержит нуклеотид G, который не создаёт сайта рестрикции для AluI [4; 7; 14–16].

Данные о распределении генотипов и аллелей по локусу bGH-AluI у различных авторов существенно различаются. Так, ряд авторов отмечают значительно большую частоту встречаемости аллеля L (0,84–0,94), по сравнению с аллелем V, при этом наиболее часто это регистрируется у молочных пород КРС, таких как чёрно-пёстрая (в том числе белорусская популяция), голштинская, холмогорская, костромская, красно-пёстрая и бурятская. При этом генотип bGH-AluI^{VV} встречается достаточно редко (до 8,8% от всего поголовья популяции) либо зачастую не встречается вовсе [12; 17–26]. В некоторых группах животных распределение носителей различных генотипов сильно смещается в сторону гомозиготного генотипа LL, например, в популяции бурятского скота доля данного генотипа превышает 75%, а у чёрно-пёстрого скота татарстанского типа – свыше 90% [21; 24].

Вместе с тем, имеется достаточно много результатов исследований, свидетельствующих о более высокой распространённости аллеля V у животных молочных пород – от 0,212 в голштинской породе до 0,62 – в бесстужевской, но и в этом случае частота встречаемости генотипа VV не превышает 6,2% [3; 7; 27–29]. Согласно исследованиям А. В. Перчуна и соавторов (2012), высокое содержание аллеля V в костромской породе было характерно для животных с более высокой кровностью (более 50%) по улучшающей (швицкой) породе, что может свидетельствовать об интродукции аллеля V из швицкой породы в костромскую [18]. Эти данные перекликаются с результатами исследований А. Н. Попова, Н. А. Попова и А.

А. Некрасова (2016), показывающими нарастание частоты встречаемости аллеля V в популяции скота красно-пёстрой породы по мере её улучшения импортными породами [30].

Кроме того, имеются данные о таком распределении генотипов и аллелей полиморфизма bGH-AluI, когда аллель V встречается почти с той же частотой, что и аллель L, или же преобладание аллеля L над V выражено незначительно, при этом частота встречаемости генотипа VV достигает 20% и более. Такая ситуация характерна в основном для популяций крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, таких как казахская белоголовая, герфордская и абердино-ангусская [31–35]. Некоторые авторы отмечают довольно низкую частоту аллеля V (0,190–0,316) у казахской белоголовой и лимузинской пород скота [36; 37]. По данным ряда исследователей, в некоторых молочных породах (чёрно-пёстрая, красно-пёстрая, красная степная, ярославская, бесстужевская и швицкая) частота аллеля V приближается к показателям мясных пород (до 0,62) [14; 38; 39]. Поэтому вопрос о породной специфичности распределения генотипов и аллелей полиморфизма bGH-AluI остаётся открытым.

Полиморфизм bGH-MspI в литературе освещён менее широко. Он локализован в интроне 3 гена bGH и тестируется при помощи рестриктазы MspI. Наличие сайта рестрикции обозначается как аллель bGH-MspI^C (либо MspI⁺), отсутствие сайта рестрикции – как bGH-MspI^D (или MspI⁻) [14; 23; 38].

Распределение аллелей и генотипов полиморфизма bGH-MspI изучено у молочного скота нескольких молочных пород: чёрно-пёстрая, симментальская и бесстужевская. При этом в обоих исследованиях распределение генотипов и аллелей у животных бесстужевской породы оказались идентичны и характеризовались преобладанием генотипа CC (45,5%) и аллеля C (0,62) над другими аллелями и генотипами. Параллельно с этим были протестированы животные симментальской породы, результаты были схожи в обоих случаях – преобладание гетерозигот с генотипом CD (57%) и аллеля C (0,51–0,55). Похожее распределение отмечалось и у животных чёрно-пёстрой породы, однако в этом случае преобладал аллель D (0,51) [14; 38].

Большинство исследований, посвящённых ассоциации гена гормона роста с продуктивными признаками крупного рогатого скота, касаются полиморфизма AluI. Многие авторы при этом в качестве «желательных» указывают аллель bGH-AluI^L и генотип bGH-AluI^{LL}. Так, в публикации Н. Ю. Сафиной и соавторов (2019) утверждается, что коровы-носительницы генотипа LL чёрно-пёстрой породы имели достоверное преимущество над

своими сверстницами других генотипов bGH-AluI по всем параметрам молочной продуктивности. В данном исследовании разница носительниц генотипа LL с генотипами LV и VV составила по удою 1168 кг (16,2%) и 1395 кг (19,4%), по массовой доле жира – 0,33 и 0,18%, по массовой доле белка – 0,25 и 0,26% соответственно [29]. Превосходство носительниц генотипа LL по удою наблюдалось также в исследованиях И. В. Ткаченко и С. Л. Гридиной (2018), при этом коровы чёрно-пёстрой породы LL-генотипа превосходили гетерозиготных сверстниц на 396 кг (5,07%), а наименьший удой отмечался у носителей генотипа VV [25]. Повышенное содержание белка в молоке у носительниц генотипа LL, по сравнению с VV-сверстницами (на 0,03%), отмечают в своей работе И. Ю. Гилемханов с соавторами [12]. G. Rupretcher (2011) полагает, что более высокая продуктивность коров с генотипом LL связана с большей концентрацией в плазме крови ненасыщенных жирных кислот и инсулиноподобного фактора роста 1, что говорит о более интенсивном протекании энергетического обмена у носителей этого генотипа [8].

Учёные также отмечают положительное влияние аллеля bGH-AluI^L на рост и развитие молодняка. Так, в исследованиях А. А. Некрасова и соавторов, проведённых на молодняке голштинской породы (2016), установлено, что наибольшим среднесуточным приростом живой массы от рождения до 18 месяцев характеризовались тёлки с генотипом LL – 740 г, а сверстницы генотипов LV и VV отличались скоростью роста на уровне 737 г и 720,2 г соответственно [22]. В исследованиях М. В. Урядникова и И. Х. Улубаева (2011) коровы-носительницы генотипа LL чёрно-пёстрой породы превосходили своих сверстниц по живой массе как за первую, так и за вторую и третью лактации [40].

В экспериментах на скоте южной мясной породы А. С. Крамаренко с соавторами (2015) также установлено преимущество в интенсивности роста животных с генотипом LL над носителями других генотипов [41]. И. С. Бейшова (2018) в своих исследованиях на молодняке казахской белоголовой породы отмечала более высокую живую массу у 24-месячных животных с генотипом LL по сравнению со сверстниками других генотипов. Кроме того, у коров LL-генотипа наблюдалась тенденция к снижению индекса шилозадости и увеличению индекса массивности, по сравнению со сверстницами других генотипов, что, по мнению автора, указывает на улучшение воспроизводительной функции и более выраженный мясной тип телосложения у животных данного генотипа [15].

В других исследованиях положительное влияние аллеля L на молочную продуктивность отмечено не столь однозначно. Так, исследования, проведённые М. Е. Михайловой и Е. В. Белой

(2011) на коровах голштинской породы показали, что аллель L ассоциирован с более высоким удоем и белкомолочностью, однако по признаку жирномолочности более предпочтительным является аллель V [42]. Результаты исследований влияния гена bGH на молочную продуктивность А. В. Перчуна и соавторов (2012) показали, что в костромской породе коровы-носительницы генотипа LL отличались наибольшим удоем и производством молочного белка, по сравнению со сверстницами, но гетерозиготы LV, в свою очередь, характеризовались более высоким (на 0,25%) содержанием молочного жира [18]. И. Ю. Долматова и И. Г. Ильясов (2011) также отмечали более высокий выход молочного жира у коров бесстужевской и чёрно-пёстрой пород с генотипом LV по сравнению со сверстницами гомозиготных генотипов LL и VV – на 55,4 и 30,9 кг соответственно. Кроме того, авторами установлен более высокий удой у гетерозиготных коров чёрно-пёстрой породы по сравнению со сверстницами [14].

В. Л. Ялуга с соавторами (2018) в своей работе сообщает, что в холмогорской породе коровы-носительницы генотипа LL, по сравнению с гетерозиготными LV-сверстницами, отличались наибольшим удоем (на 419 кг), но более низкой массовой долей жира и белка в молоке (на 0,21 и 0,16% соответственно) [23]. Похожие результаты были получены А. А. Ярышкиным (2019) при ДНК-тестировании коров чёрно-пёстрой породы уральского типа, при этом гомозиготы LL превосходили гетерозиготных сверстниц (LV) как по удою – на 150 кг, так и по живой массе – на 16 кг, однако уступали им же по массовой доле жира в молоке на 0,07%. При этом первотёлки-носительницы генотипа LL превосходили сверстниц по молочной продуктивности, но за последующие лактации уступали гетерозиготам LV [26].

В публикациях Н. Г. Лысенко с соавторами (2016) и Л. Р. Загидуллина с соавторами (2020) содержатся данные об устойчивой передаче от матерей быков к их дочерям превосходства генотипа LL – по удою и LV – по массовой доле жира и белка в молоке по сравнению со сверстницами остальных генотипов гена соматотропина [11; 43]. Результаты исследования Ш. А. Макаева и соавторов (2019) свидетельствуют о положительном влиянии генотипа LV быков-производителей казахской белоголовой породы на оценку телосложения их дочерей в сторону усиления мясных форм, а также увеличения их молочности, тогда как генотип VV быков-отцов отрицательно сказывался на мясных качествах их дочерей [33]. Вместе с тем, А. В. Перчун и соавторы (2013) в публикации, посвящённой исследованию коров костромской породы, отмечают, что гетерозиготные животные, имеющие кровность по швицкой породе более 50%, в среднем

превышали сверстниц по живой массе при рождении, что могло приводить к трудным отёлам [44].

Существует ряд исследований, в которых положительная ассоциация с хозяйственно полезными признаками определена у генотипа bGH-AluI^{IV}. Например, в публикации О. В. Костюминой и соавторов (2011) утверждается, что повышенный удои характерен для коров, содержащих в своём генотипе аллель V [28]. В исследовании И. Ю. Долматовой и И. Г. Ильясова (2011) было установлено, что среди подопытного поголовья коров бесстужевской и симментальской пород наибольшими удоями характеризовались носительницы генотипа VV, а наименьшими – с генотипом LL [14]. Сходные результаты получены Ф. Р. Валитовым (2019), согласно которым наибольшие удои наблюдались у коров бесстужевской и симментальской пород с генотипом VV, а с наименьшим – LL, причём содержание жира у коров симментальской породы с генотипом VV также было наибольшим [38]. Исходя из этого, автор предполагает, что разведение коров с генотипом VV повышает экономическую эффективность производства молока и позволяет достичь уровня рентабельности 20,4% [38].

В ходе исследования, проведённого А. Н. Поповым, Н. А. Поповым и А. А. Некрасовым (2016), установлено, что целенаправленный подбор бычков красно-пёстрой породы к коровам стада ООО «Ермоловское» позволил увеличить количество коров с генотипом bGH-AluI^{IV} – в 6 раз, а с генотипом bGH-AluI^{IV} – в 7 раз, что положительно сказалось на величине удои и содержании жира в молоке [30].

Имеются данные о положительном влиянии аллеля bGH-AluI^{IV} на рост, развитие и показатели мясной продуктивности. Результаты исследований М. П. Дубовской и Н. П. Герасимова (2020) показывают, что коровы геррефордской породы с генотипом VV отличались большей живой массой на 24,7 кг (5,7%) по сравнению со сверстницами. Носительницы данного генотипа получили более высокую оценку экстерьера по таким параметрам, как общий вид и развитие, мускулатура, грудь, холка, спина и поясница и в целом обладали более выраженными мясными формами [34]. Конвергентные данные были получены М. И. Селионовой с соавторами (2020), согласно которым бычки и тёлочки казахской белоголовой породы генотипа VV обладали большей предубойной массой (на 19,8 кг), убойной массой (на 19,1 кг), массой туши (на 16,1 кг), большей массой мякоти (на 9,1%) и убойным выходом (на 2%) по сравнению с генотипом LL. При этом мышечная ткань носителей генотипа VV отличалась большим содержанием белков, жиров и большей энергетической ценностью, а также большей «мраморностью» мяса [37]. Это

подтверждается данными Д. Б. Косян, Л. Г. Сурундаевой и Е. А. Русаковой (2019), согласно которым в геррефордской породе наибольшая концентрация арахидоновой кислоты и общего количества жирных кислот была наибольшей у носителей генотипа VV [45].

Исследования ассоциации полиморфизма MspI гена соматотропина с продуктивными признаками крупного рогатого скота в литературе представлены менее широко. Одной из причин этого может быть меньшее, по данным И. Ю. Долматовой и И. Г. Ильясова (2011), влияние генотипов данного локуса на изменчивость параметров производства молока. По данным авторов, для AluI-полиморфизма сила влияния фактора генотипа на изменчивость признаков молочной продуктивности составляла 27–50% в зависимости от породы, а для MspI-полиморфизма эта величина была гораздо меньше – 18–27% [14]. Тем не менее, в этом же исследовании было установлено статистически значимое превосходство коров чёрно-пёстрой породы с генотипом DD над гомозиготными CC-сверстницами по удою и выработке молочного жира – на 949 и 38 кг соответственно [14]. Аналогичные данные были получены Ф. Р. Валитовым (2019), причём использование носительниц генотипа DD позволило увеличить экономическую эффективность производства молока и выйти на уровень рентабельности в 28,4% [38].

Данные, приведённые J. Arango et al. (2014), показывают, что MspI-полиморфизм оказывает влияние на живую массу тёлочек при первой охоте и при первом отёле, причём наибольшую массу в обоих случаях имели тёлочки с генотипом DD [46].

Приведённые выше данные говорят о том, что ген bGH не подходит на роль основного ДНК-маркера, оказывающего существенное влияние на продуктивные признаки скота. Поэтому в большинстве исследований, в которых фигурирует ген гормона роста, он рассмотрен в сочетании с другими генами, в качестве которых часто используются гены пролактина (PRL), тиреоглобулина (TG5), диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (DGAT1) и др. Например, И. В. Лазебной с соавторами изучено комплексное влияние генов гормона роста и пролактина (PRL) на массовую долю жира и белка в молоке коров ярославской породы и установлены парные генотипы, ассоциированные с улучшением либо ухудшением данных показателей [47]. Т. А. Седых проведено исследование на бычках геррефордской породы, в котором установлено совместное действие генов bGH и DGAT1 на мясные качества животных [36].

И. В. Ткаченко и С. Л. Гридина отмечают, что удои коров чёрно-пёстрой породы уральского типа, при одинаковом генотипе по гену каппа-

казеина (CSN3), зависит от полиморфизма AluI гена bGH. Таким образом, изучение комплексных генотипов по этим генам может нивелировать противоречивые результаты, полученные при изучении генотипов bGH либо CSN3 в отдельности [25]. В исследовании И. С. Бейшовой, Б. Б. Траисова и В. И. Косилова на коровах аулиекольской породы по генам bGH и IGF1 показано, что в отдельности данные гены не оказывают статистически значимого влияния на изменчивость живой массы животных, однако среди комплексных генотипов bGH/IGF1 фенотипическая разница оказалась статистически значимой [48].

В последнее время исследователи переключаются на изучение комплексов, состоящих из четырёх и более генов. Влияние гена гормона роста на продуктивные признаки молочного скота часто изучалось в комплексе с другими генами соматотропического каскада, например, гены PIT1, PRL, GH, GHRH, IGF1 – в исследованиях И. Ю. Гилемха-

нова и соавторов [11; 12]. Другие исследователи, например, С. В. Тюлькин с соавторами изучали ген гормона роста в комплексе с генами, участвующими в обмене веществ, такими как гены лептина, пролактина, тиреоглобулина и диацилглицерол-О-ацилтрансферазы [19]. В некоторых исследованиях в комплекс изучаемых генов входили гены протеинов молока, например, в работе Ф. Ф. Зинатовой и соавторов комплекс генов в составе соматотропина, тиреоглобулина и пролактина изучался совместно с генами каппа-казеина и лактоглобулина [49].

Заключение. Несмотря на большое количество накопленных данных, изучение полиморфизма гена гормона роста в различных популяциях крупного рогатого скота остаётся актуальным. Наиболее перспективным направлением в этой области является исследование влияния комплексных генотипов, включающих ген гормона роста, на продуктивные признаки крупного рогатого скота.

Список источников

1. Батанов С. Д., Баранова И. А., Старостина О. С. [и др.] Рост, развитие и мясная продуктивность бычков чёрно-пёстрой породы и её помесей с абердин-ангуссами // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 2 (58). С. 44–50. DOI 10.35694/YARCX.2022.58.2.006.
2. Колпаков В. И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. С. 47–64. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-47.
3. Лазебная И. В., Лазебный О. Е., Сулимова Г. Е. Научные разработки в селекции крупного рогатого скота на качество молока // Наука и современность. 2011. № 11. С. 208–212. EDN RTWEBL.
4. Сычёва О. В., Кононова Л. В. Генетические маркеры в молочном скотоводстве // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 1 (1). С. 27–31. EDN OSOHGR.
5. Васильева Л. И., Митютко В. И. Молекулярно-генетические маркеры для оценки генетического полиморфизма // Вестник Студенческого научного общества. 2017. Т. 8, № 1. С. 157–160. ISSN 2077-5873.
6. Бейшова И. С. Фенотипические эффекты генов соматотропического каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 48–53. ISSN 1997-3225.
7. Ахметова А. Н., Халишхова Д. В., Боготова З. И. [и др.] Генетическая структура крупного рогатого скота голштинской породы в Кабардино-Балкарии по генам PRL и GH // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 4 (96). С. 26–33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
8. Ruprechter G., Carriquiry M., Ramos J. M. [et al.] Metabolic and endocrine profiles and reproductive parameters in dairy cows under grazing conditions: effect of polymorphisms in somatotrophic axis genes // Acta Veterinaria Scandinavica. 2011. 53:35. DOI 10.1186/1751-0147-53-35.
9. Белая Е. В., Михайлова М. Е. Оценка ассоциации полиморфных генов соматотропического каскада с уровнем продуктивности крупного рогатого скота // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. 2014. № 4. С. 36–42. ISSN 1029-8940.
10. Бейшова И. С., Белая Е. В., Поддудинская Т. В. [и др.] Ассоциация полиморфных генов соматотропического каскада с показателями роста у скота казахской белоголовой породы // Успехи современной науки. 2017. Т. 2, № 5. С. 158–163. ISSN 2412-6608.
11. Загидуллин Л. Р., Гилемханов И. Ю., Зарипов Р. У. [и др.] Оценка быков-производителей с разными генотипами генов соматотропического каскада по молочной продуктивности и качеству молока ближайших женских предков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 244, № 4. С. 86–91. DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-86-92. ISSN 2413-4201.
12. Гилемханов И. Ю., Загидуллин Л. Р., Ахметов Т. М. [и др.] Молочная продуктивность и качество молока коров татарстанского типа с разными генотипами по локусам генов пролактина и соматотропина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 247, № 3. С. 47–50. DOI 10.31588/2413-4201-1883-247-3-47-50. ISSN 2413-4201.

13. Mullen M. P., Berry D. P., Howard D. J. [et al.] Associations between novel single nucleotide polymorphisms in the *Bostaurus* growth hormone gene and performance traits in Holstein-Friesian dairy cattle // *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93, Is. 12. P. 5959–5969. DOI 10.3168/jds.2010-3385.
14. Долматова И. Ю., Ильясов И. Г. Полиморфизм гена гормона роста крупного рогатого скота в связи с молочной продуктивностью // *Генетика*. 2011. Т. 47, № 6. С. 814–820. ISSN 0016-6758.
15. Бейшова И. С. Анализ предпочтительных и альтернативных генотипов коров казахской белоголовой породы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 1 (69). С. 173–176. ISSN 2073-0853.
16. Шевцова А. А., Климов Е. А., Ковальчук С. Н. Обзор варибельности генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 11-1. С. 194–200. EDN YOWPLF.
17. Сулимова Г. Е., Лазебная И. В., Перчун А. В. [и др.] Уникальность костромской породы крупного рогатого скота с позиции молекулярной генетики // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 9. С. 52–54. ISSN 0235-2451.
18. Перчун А. В., Лазебная И. В., Белокуров С. Г. [и др.] Полиморфизм генов CSN3, bPRL и bGH у коров костромской породы в связи с показателями молочной продуктивности // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 11-2. С. 304–308. ISSN 1812-7339.
19. Тюлькин С. В., Ахметов Т. М., Валиуллина Э. Ф. [и др.] Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012. Т. 16, № 4-2. С. 1008–1012. ISSN 2500-0462.
20. Заяц О. В., Линник Л. М., Ковалевская Т. А. [и др.] Влияние полиморфных вариантов генов bPit-1, bGH, bIGF-1 и bGHR на молочную продуктивность крупного рогатого скота // *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины*. 2015. Т. 51, № 2. С. 113–116. ISSN 2078-0109.
21. Лазебная И. В., Перчун А. В. Исследование крупного рогатого скота бурятской породы с использованием генов-кандидатов // *Евразийский союз ученых*. 2016. № 31-2. С. 6–9. ISSN 2411-6467.
22. Некрасов А. А., Попов А. Н., Попов Н. А. [и др.] Влияние полиморфизма генов молочных белков и гормонов на энергию роста телок черно-пестрой голштинской породы // *Таврический научный обозреватель*. 2016. № 5-2 (10). С. 91–95. eISSN 2412-9356.
23. Ялуга В. Л., Прожерин В. П., Хабибрахманова Я. А. [и др.] Полиморфизм генов CSN3, LGB, PRL, GH, LEP у холмогорских коров // *Молочное и мясное скотоводство*. 2018. № 4. С. 5–8. ISSN 0026-9034.
24. Макарова Н. В., Хаертдинов Р. А., Макаров А. С. Оценка генов bLTF, bGH и bPRL у коров татарстанского типа на резистентность к маститу // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2018. Т. 233, № 1. С. 109–112. ISSN 2413-4201.
25. Ткаченко И. В., Гридина С. Л. Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2018. № 5. С. 87–95. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
26. Ярышкин А. А. Влияние полиморфных вариантов гена соматотропина на молочную продуктивность коров // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. № 6 (80). С. 279–281. ISSN 2073-0853.
27. Белая Е. В., Михайлова М. Е., Волчок Н. М. [и др.] Внутрипородный анализ генетической структуры популяций крупного рогатого скота черно-пестрой породы белорусского разведения по полиморфным вариантам генов соматотропинового каскада // *Молекулярная и прикладная генетика*. 2010. Т. 11. С. 92–98. ISSN 1999-9127.
28. Костюмина О. В., Бакай А. М., Бушова Г. А. [и др.] Влияние генотипов по ДНК-маркерам на показатели молочной продуктивности коров черно-пестрой породы // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 10. С. 33–34. ISSN 0235-2451.
29. Сафина Н. Ю., Гилемханов И. Ю., Зиннатова Ф. Ф. [и др.] Характеристика молочной продуктивности коров-первотелок с разными генотипами соматотропина (GH) // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14, № 3 (54). С. 58–61. DOI 10.12737/article_5db9535ed384a3.87060395.
30. Попов А. Н., Попов Н. А., Некрасов А. А. Полиморфизм гена bGH в стаде красно-пестрой породы ООО «Ермоловское» // *Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков : сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2016. № 15. С. 64–68.*
31. Джуламанов К. М., Селионова М. И., Герасимов Н. П. Генетическая характеристика популяции геррефордского скота // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (48). С. 59–64. DOI 10.31563/1684-7628-2018-48-4-59-64.

32. Каюмов Ф. Г., Дунин И. М., Селионова М. И. [и др.] Анализ полиморфизма генов CAPN1, GH и TG5 у помесного молодняка при скрещивании калмыцкого скота и красных ангусов // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101, № 4. С. 28–34. ISSN 2658-3135.

33. Макаев Ш. А., Тайгузин Р. Ш., Ляпин О. А. [и др.] Генетическая характеристика казахского белоголового скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 281–285. ISSN 2073-0853.

34. Дубовскова М. П., Герасимов Н. П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в Северо-Кавказской популяции герефордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, №3. С. 91–101. DOI 10.33284/2658-3135-103-3-91.

35. Шегенова А. Г., Егинбаев Н. А. Разработка генетических маркеров для выявления мясной продуктивности крупного рогатого скота ангусской и герефордской породы // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее : сб. статей XXVI Международ. науч.-практ. конф. (Пенза, 10 февраля 2020 г.). Пенза : Наука и Просвещение, 2020. С. 55–58.

36. Седых Т. А. Полиморфизм генов гормона роста и диацилглицерол-ацилтрансферазы у бычков мясных пород // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2017. Т. 53, № 1. С. 266–269. ISSN 2078-0109.

37. Селионова М. И., Плахтюкова В. Р., Дмитрик И. И. [и др.] Анализ полиморфизма генов CAPN1 и GH у скота казахской белоголовой породы в связи с особенностями мясной продуктивности // Главный зоотехник. 2020. № 6. С. 27–34. DOI 10.33920/sel-03-2006-04.

38. Валитов Ф. Р. Взаимосвязь полиморфных вариантов генов соматотропина и тиреоглобулина с молочной продуктивностью коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 284–287. ISSN 2073-0853.

39. Чижова Л. Н., Суржикова Е. С., Ковалева Г. П. [и др.] Межпородные особенности полиморфизма генов соматотропин, пролактин у коров молочного направления продуктивности // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. Т. 2, № 10. С. 108–113.

40. Урядников М. В., Улубаев И. Х. Оценка аллелей и генотипов соматотропина по полиморфизму и живой массе коров черно-пестрой породы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 3 (77). С. 80–83. ISSN 1996-4277.

41. Крамаренко А. С., Гиль М. И., Гладырь Е. А. [и др.] Анализ связи полиморфизма гена гормона роста (bGH) с ростовыми признаками коров южной мясной породы // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2015. № 113. С. 112–119. EDN UDRJKZ.

42. Михайлова М. Е., Белая Е. В. Влияние полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада bGH, bGHR и bIGF-1 на признаки молочной продуктивности у крупного рогатого скота голштинской породы // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2011. Т. 55, № 2. С. 63–69. ISSN 1561-8323.

43. Лысенко Н. Г., Митиогло Л. В., Горайчук И. В. [и др.] Анализ связи SNP генов GH и GHR с характеристиками потомства быков пород молочного и мясного направления // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2016. № 116. С. 71–78. EDN XWLQBB.

44. Перчун А. В., Белокуров С. Г., Сулимова Г. Е. [и др.] Оценка связи живой массы коров костромской породы с генотипами гена гормона роста // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2013. № 1. С. 119–123. EDN RIYBGN.

45. Косян Д. Б., Сурундаева Л. Г., Русакова Е. А. Взаимосвязь полиморфизма гена bGH с показателями липидного обмена у крупного рогатого скота герефордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102, № 4. С. 79–86. DOI 10.33284/2658-3135-102-4-79.

46. Arango J., Echeverri J. J., López A. Association between a polymorphism in intron 3 of the bovine growth hormone gene and growth traits in Holstein heifers in Antioquia // Genet Mol Res. 2014. 13 (3):6191-9. DOI 10.4238/2014.August.15.1.

47. Лазебная И. В., Лазебный О. Е., Максименко В. Ф. [и др.] Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы // Сельскохозяйственная биология. 2012. Т. 47, № 2. С. 39–44. ISSN 0131-6397.

48. Бейшова И. С., Траисов Б. Б., Косилов В. И. Ассоциация SNAB1-полиморфизма гена инсулиноподобного фактора-1 (BIGF-1) с мясной продуктивностью крупного рогатого скота аулиекольской породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (71). С. 221–226. ISSN 2073-0853.

49. Зиннатов Ф. Ф., Алимов А. М., Шакиров Ш. К. [и др.] Изучение влияния комплексных генотипов генов CSN3, DGAT1, TG5, PRL, LGB на показатели родительского индекса быков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2013. Т. 215. С. 126–129. ISSN 2413-4201.

References

1. Batanov S. D., Baranova I. A., Starostina O. S. [i dr.] Rost, razvitie i myasnaya produktivnost' bychkov chyorno-pyostroj porodny i eyo pomesej s aberdin-angussami // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 2 (58). S. 44–50. DOI 10.35694/YARCX.2022.58.2.006.
2. Kolpakov V. I. Vliyanie nekotorykh polimorfnykh genov na mjasnuju produktivnost' i kachestvo mjasa u krupnogo rogatogo skota (obzor) // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2020. T. 103, № 4. S. 47–64. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-47.
3. Lazebnaya I. V., Lazebnyj O. E., Sulimova G. E. Nauchnye razrabotki v selekcii krupnogo rogatogo skota na kachestvo moloka // Nauka i sovremennost'. 2011. № 11. S. 208–212. EDN RTWEBL.
4. Sycheva O. V., Kononova L. V. Geneticheskie markery v molochnom skotovodstve // Agrarno-pishhevyje innovacii. 2018. № 1 (1). S. 27–31. EDN OSOHGP.
5. Vasil'eva L. I., Mityut'ko V. I. Molekuljarno-geneticheskie markery dlja ocenki geneticheskogo polimorfizma // Vestnik Studencheskogo nauchnogo obshhestva. 2017. T. 8, № 1. S. 157–160. ISSN 2077-5873.
6. Bejshova I. S. Fenotipicheskie jeffekty genov somatotropinovogo kaskada, associirovannykh s mjasnoj produktivnost'ju u korov kazahskoj belogolovoj porodny // Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozhajstvennoj akademii. 2018. № 1. S. 48–53. ISSN 1997-3225.
7. Akhmetova A. N., Khalishkhova D. V., Bogotova Z. I. [i dr.] Geneticheskaja struktura krupnogo rogatogo skota golshtinskoj porodny v Kabardino-Balkarii po genam PRL i GH // Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. 2020. № 4 (96). S. 26–33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
8. Ruprechter G., Carriquiry M., Ramos J. M. [et al.] Metabolic and endocrine profiles and reproductive parameters in dairy cows under grazing conditions: effect of polymorphisms in somatotropic axis genes // Acta Veterinaria Scandinavica. 2011. 53:35. DOI 10.1186/1751-0147-53-35.
9. Belaya E. V., Mikhajlova M. E. Ocenka associacii polimorfnykh genov somatotropinovogo kaskada s urovnem produktivnosti krupnogo rogatogo skota // Izvestija Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Serija biologicheskikh nauk. 2014. № 4. S. 36–42. ISSN 1029-8940.
10. Bejshova I. S., Belaya E. V., Poddudinskaya T. V. [i dr.] Associacija polimorfnykh genov somatotropinovogo kaskada s pokazateljami rosta u skota kazahskoj belogolovoj porodny // Uspehi sovremennoj nauki. 2017. T. 2, № 5. S. 158–163. ISSN 2412-6608.
11. Zagidullin L. R., Gilemkanov I. Yu., Zaripov R. U. [i dr.] Ocenka bykov-proizvoditelej s raznymi genotipami genov somatotropinovogo kaskada po molochnoj produktivnosti i kachestvu moloka blizhajshih zhenskikh predkov // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Eh. Baumana. 2020. T. 244, № 4. S. 86–91. DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-86-92. ISSN 2413-4201.
12. Gilemkanov I. Yu., Zagidullin L. R., Akhmetov T. M. [i dr.] Molochnaja produktivnost' i kachestvo moloka korov tatarstanskogo tipa s raznymi genotipami po lokusam genov prolaktina i somatotropina // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Eh. Baumana. 2021. T. 247, № 3. S. 47–50. DOI 10.31588/2413-4201-1883-247-3-47-50. ISSN 2413-4201.
13. Mullen M. P., Berry D. P., Howard D. J. [et al.] Associations between novel single nucleotide polymorphisms in the Bostaurus growth hormone gene and performance traits in Holstein-Friesian dairy cattle // Journal of Dairy Science. 2010. Vol. 93, Is. 12. P. 5959–5969. DOI 10.3168/jds.2010-3385.
14. Dolmatova I. Yu., Il'jasov I. G. Polimorfizm gena gormona rosta krupnogo rogatogo skota v svjazi s molochnoj produktivnost'ju // Genetika. 2011. T. 47, № 6. S. 814–820. ISSN 0016-6758.
15. Bejshova I. S. Analiz predpochtitel'nykh i al'ternativnykh genotipov korov kazahskoj belogolovoj porodny // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 1 (69). S. 173–176. ISSN 2073-0853.
16. Shevtsova A. A., Klimov E. A., Koval'chuk S. N. Obzor variabel'nosti genov, svjazannykh s molochnoj produktivnost'ju krupnogo rogatogo skota // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij. 2018. № 11-1. S. 194–200. EDN YOWPLF.
17. Sulimova G. E., Lazebnaya I. V., Perchun A. V. [i dr.] Unikal'nost' kostromskoj porodny krupnogo rogatogo skota s pozicii molekuljarnoj genetiki // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2011. № 9. S. 52–54. ISSN 0235-2451.
18. Perchun A. V., Lazebnaya I. V., Belokurov S. G. [i dr.] Polimorfizm genov CSN3, bPRL i bGH u korov kostromskoj porodny v svjazi s pokazateljami molochnoj produktivnosti // Fundamental'nye issledovanija. 2012. № 11-2. S. 304–308. ISSN 1812-7339.
19. Tyul'kin S. V., Akhmetov T. M., Valiullina Eh. F. [i dr.] Polimorfizm po genam somatotropina, prolaktina, leptina, tireoglobulina bykov-proizvoditelej // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2012. T. 16, № 4-2. S. 1008–1012. ISSN 2500-0462.
20. Zayats O. V., Linnik L. M., Kovalevskaya T. A. [i dr.] Vliyanie polimorfnykh variantov genov bPit-1, bGH, bIGF-1 i bGHR na molochnuju produktivnost' krupnogo rogatogo skota // Uchenye zapiski uchrezhdenija obrazovanija

Vitebskaja ordena Znak pocheta gosudarstvennaja akademija veterinarnoj mediciny. 2015. T. 51, № 2. S. 113–116. ISSN 2078-0109.

21. Lazebnaya I. V., Perchun A. V. Issledovanie krupnogo rogatogo skota burjatskoj porody s ispol'zovaniem genov-kandidatov // Evrazijskij sojuz uchenyh. 2016. № 31-2. S. 6–9. ISSN 2411-6467.

22. Nekrasov A. A., Popov A. N., Popov N. A. [i dr.] Vlijanie polimorfizma genov molochnyh belkov i gormonov na jenergiju rosta telok cherno-pestroj golshtinskoj porody // Tavricheskij nauchnyj obozrevatel'. 2016. № 5-2 (10). S. 91–95. eISSN 2412-9356.

23. Yaluga V. L., Prozherin V. P., Khabibrakhmanova Ya. A. [i dr.] Polimorfizm genov CSN3, LGB, PRL, GH, LEP u holmogorskih korov // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2018. № 4. S. 5–8. ISSN 0026-9034.

24. Makarova N. V., Khaertdinov R. A., Makarov A. S. Ocenka genov bLTF, bGH i bPRL u korov tatarstanskogo tipa na rezistentnost' k mastitu // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Eh. Baumana. 2018. T. 233, № 1. S. 109–112. ISSN 2413-4201.

25. Tkachenko I. V., Gridina S. L. Vlijanie polimorfnyh variantov genov kappa-kazeina i gormona rosta na molochnuju produktivnost' pervotelok ural'skogo tipa // Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2018. № 5. S. 87–95. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.

26. Jaryshkin A. A. Vlijanie polimorfnyh variantov gena somatotropina na molochnuju produktivnost' korov // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). S. 279–281. ISSN 2073-0853.

27. Belaya E. V., Mikhajlova M. E., Volchok N. M. [i dr.] Vnutripородnyj analiz geneticheskoy struktury populjacji krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody belorusskogo razvedenija po polimorfnyh variantam genov somatotropinovogo kaskada // Molekuljarnaja i prikladnaja genetika. 2010. T. 11. S. 92–98. ISSN 1999-9127.

28. Kostyumina O. V., Bakaj A. M., Bushova G. A. [i dr.] Vlijanie genotipov po DNK-markeram na pokazateli molochnoj produktivnosti korov cherno-pestroj porody // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2011. № 10. S. 33–34. ISSN 0235-2451.

29. Safina N. Yu., Gilemkanov I. Yu., Zinnatova F. F. [i dr.] Harakteristika molochnoj produktivnosti korov-pervotelok s raznymi genotipami somatotropina (GH) // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. T. 14, № 3 (54). S. 58–61. DOI 10.12737/article_5db9535ed384a3.87060395.

30. Popov A. N., Popov N. A., Nekrasov A. A. Polimorfizm gena bGH v stade krasno-pestroj porody OOO «Ermolovskoe» // Sel'skohozjajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov : sb. materialov HV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Novosibirsk, 2016. № 15. S. 64–68.

31. Dzhulamanov K. M., Selionova M. I., Gerasimov N. P. Geneticheskaja harakteristika populjacji gerefordskogo skota // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (48). S. 59–64. DOI 10.31563/1684-7628-2018-48-4-59-64.

32. Kayumov F. G., Dunin I. M., Selionova M. I. [i dr.] Analiz polimorfizma genov CAPN1, GH i TG5 u pomesnogo molodnjaka pri skreshhivanii kalmyckogo skota i krasnyh angusov // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2018. T. 101, № 4. S. 28–34. ISSN 2658-3135.

33. Makaev Sh. A., Tajguzin R. Sh., Lyapin O. A. [i dr.] Geneticheskaja harakteristika kazahskogo belogolovogo skota // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). S. 281–285. ISSN 2073-0853.

34. Dubovskova M. P., Gerasimov N. P. Geneticheskaja struktura i asociacija polimorfizma genov gormona rosta (L127V) i leptina (A80V) s produktivnost'ju v Severo-Kavkazskoj populjacji gerefordskoj porody // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2020. T. 103, №3. S. 91–101. DOI 10.33284/2658-3135-103-3-91.

35. Shegenova A. G., Eginbaev N. A. Razrabotka geneticheskikh markerov dlja vyjavlenija mjasnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota angusskoj i gerefordskoj porody // Nauka i obrazovanie: sohranjaja proshloe, sozdaem budushhee : sb. statej XXVI Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. (Penza, 10 fevralja 2020 g.). Penza : Nauka i Prosveshhenie, 2020. S. 55–58.

36. Sedykh T. A. Polimorfizm genov gormona rosta i diacilglicerol-aciltransferazy u bychkov mjasnyh porod // Uchenye zapiski uchrezhdenija obrazovanija Vitebskaja ordena Znak pocheta gosudarstvennaja akademija veterinarnoj mediciny. 2017. T. 53, № 1. S. 266–269. ISSN 2078-0109.

37. Selionova M. I., Plakhtyukova V. R., Dmitrik I. I. [i dr.] Analiz polimorfizma genov CAPN1 i GH u skota kazahskoj belogolovoj porody v svjazi s osobennostjami mjasnoj produktivnosti // Glavnyj zootehnik. 2020. № 6. S. 27–34. DOI 10.33920/sel-03-2006-04.

38. Valitov F. R. Vzaimosvjaz' polimorfnyh variantov genov somatotropina i tireoglobulina s molochnoj produktivnost'ju korov cherno-pestroj porody // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (72). S. 284–287. ISSN 2073-0853.

39. Chizhova L. N., Surzhikova E. S., Kovaleva G. P. [i dr.] Mezhpородnye osobennosti polimorfizma genov somatotropin, prolaktin u korov molochnogo napravlenija produktivnosti // Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. 2017. T. 2, № 10. S. 108–113.

40. Uryadnikov M. V., Ulubaev I. Kh. Ocenka allelej i genotipov somatotropina po polimorfizmu i zhivoj masse korov cherno-pestroj porodny // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 3 (77). S. 80–83. ISSN 1996-4277.

41. Kramarenko A. S., Gil' M. I., Gladyr' E. A. [i dr.] Analiz svyazi polimorfizma gena gormona rosta (bGH) s rostovymi priznakami korov juzhnoj mjasnoj porodny // Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Instituta zhivotnovodstva Nacional'noj akademii agrarnyh nauk Ukrainy. 2015. № 113. S. 112–119. EDN UDRJKZ.

42. Mikhajlova M. E., Belaya E. V. Vlijanie polimorfnyh variantov genov somatotropinovogo kaskada bGH, bGHR i bIGF-1 na priznaki molochnoj produktivnosti u krupnogo rogatogo skota golshtinskoj porodny // Doklady Nacional'noj akademii nauk Belarusi. 2011. T. 55, № 2. S. 63–69. ISSN 1561-8323.

43. Lysenko N. G., Mitioglo L. V., Gorajchuk I. V. [i dr.] Analiz svyazi SNP genov GH i GHR s harakteristikami potomstva bykov porod molochnogo i mjasnogo napravlenija // Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Instituta zhivotnovodstva Nacional'noj akademii agrarnyh nauk Ukrainy. 2016. № 116. S. 71–78. EDN XWLQBB.

44. Perchun A. V., Belokurov S. G., Sulimova G. E. [i dr.] Ocenka svyazi zhivoj massy korov kostromskoj porodny s genotipami gena gormona rosta // Sel'skohozjajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov. 2013. № 1. S. 119–123. EDN RIYBGN.

45. Kosyan D. B., Surundaeva L. G., Rusakova E. A. Vzaimosvyaz' polimorfizma gena bGH s pokazateljami lipidnogo obmena u krupnogo rogatogo skota gerefordskoj porodny // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2019. T. 102, № 4. S. 79–86. DOI 10.33284/2658-3135-102-4-79.

46. Arango J., Echeverri J. J., López A. Association between a polymorphism in intron 3 of the bovine growth hormone gene and growth traits in Holstein heifers in Antioquia // Genet Mol Res. 2014. 13 (3):6191-9. DOI 10.4238/2014.August.15.1.

47. Lazebnaya I. V., Lazebnyj O. E., Maksimenko V. F. [i dr.] Polimorfizm genov gormona rosta i prolaktina v svyazi s priznakami kachestva moloka u krupnogo rogatogo skota jaroslavskoj porodny // Sel'skohozjajstvennaja biologija. 2012. T. 47, № 2. S. 39–44. ISSN 0131-6397.

48. Bejshova I. S., Traisov B. B., Kosilov V. I. Assotsiatsiya SNABI-polimorfizma gena insulinopodobnogo faktora-1 (BIGF-1) s mjasnoj produktivnost'ju krupnogo rogatogo skota auliekol'skoj porodny // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (71). S. 221–226. ISSN 2073-0853.

49. Zinnatova F. F., Alimov A. M., Shakirov Sh. K. [i dr.] Izuchenie vlijanija kompleksnyh genotipov genov CSN3, DGAT1, TG5, PRL, LGB na pokazateli roditel'skogo indeksa bykov // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Eh. Baumana. 2013. T. 215. S. 126–129. ISSN 2413-4201.

Сведения об авторах

Павел Олегович Щеголев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий Регионального информационно-селекционного центра, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 4842-8345.

Ксения Дмитриевна Сабетова – кандидат ветеринарных наук, заведующий лабораторией генетики и ДНК технологий Регионального информационно-селекционного центра, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 6120-9223.

Алексей Александрович Чаицкий – младший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий Регионального информационно-селекционного центра, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 3284-3654.

Александр Дмитриевич Лемякин – техник лаборатории генетики и ДНК технологий Регионального информационно-селекционного центра, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 3662-8972.

Лада Сергеевна Баданина – обучающаяся факультета ветеринарной медицины и зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 7029-3030.

Information about the authors

Pavel O. Shchegolev – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Officer of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», spin-code: 4842-8345.

Ksenia D. Sabetova – Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», spin-code: 6120-9223.

Aleksey A. Chaitskiy – Research Assistant of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», spin-code: 3284-3654.

Aleksandr D. Lemyakin – technician of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», spin-code: 3662-8972.

Lada S. Badanina – student of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», spin-code: 7029-3030.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО ЯРОСЛАВСКАЯ ГСХА В 2022 ГОДУ
ВЫШЛА МОНОГРАФИЯ**

E. V. ЕГОРАШИНА, P. B. ТАМАРОВА

**ПОВЫШЕНИЕ
МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ**

В монографии представлены результаты обширных и глубоких научных исследований по повышению молочной продуктивности коров разводимых в Ярославской области пород, с использованием самых современных методов зоотехнической науки – ДНК-тестирования и генетического маркирования, для улучшения качества молока и молочных продуктов, повышения эффективности и рентабельности отрасли. Исследования проведены в одном из лучших племязаводов – ЗАО «Агрофирма «Пахма», на поголовье коров племядра айрширской, голштинской и ярославской улучшенной пород, с изучением частоты встречаемости генетических маркеров признаков удоев и белковомолочности коров, их взаимосвязей, реализации генотипов животных разных пород в единых средовых условиях, продуктивного долголетия коров. Впервые выявлены наиболее эффективные сочетания комплексных генотипов по белкам молока каппа-казеину и бета-лактоглобулину. Намечены перспективы дальнейшей селекции по качественному совершенствованию стада ЗАО «Агрофирма «Пахма». Монография предназначена для научных сотрудников, преподавателей вузов, аспирантов, магистрантов, руководителей и специалистов племенной службы, может использоваться в учебном процессе и практической работе с племенными стадами молочного скота

УДК 636.271.082.2; ББК 45.3; ISBN 978-5-98914-256-9

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ
ПО АДРЕСУ:**

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru