

20. Смарагдов, М. Г. Методы молекулярных маркеров в селекции хозяйственно-полезных признаков у крупного рогатого скота / М. Г. Смарагдов // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – № 6. – С. 3-7.
21. СТБ 1598-2006 (изм. №3 от 01.09.2015 г.) «Молоко коровье. Требования при закупках» [Текст]. – Введ. 2018-05-01. – Минск: Госстандарт, 2015. – С. 11.
22. СТБ 1887-2016 «Сливки питьевые. Общие технические условия» [Текст]. – Введ. 2016-09-01. – Минск: Госстандарт, 2016. – С. 10.
23. СТБ 1890-2017 «Масло из коровьего молока. Общие технические условия» [Текст]. – Введ. 2018-09-01. – Минск: Госстандарт, 2018. – С. 22.
24. СТБ ISO 2446-2009 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира [Текст]. – Введ. 2009-29-12. – Минск: Госстандарт, 2017. – С. 15.
25. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» ТР ТС 033/2013 (№ 67 от 9 октября 2013 года с изменениями на 10 июля 2020 года).
26. Хабибрахманова, Я. А. Генный полиморфизм молочных пород скота / Я. А. Хабибрахманова, Ш. Р. Мещеров, Л. А. Калашникова // Съезд генетиков и селекционеров, посвященный 200-летию со дня рождения Ч. Дарвина. V Съезд ВОГИС, Москва, 21-28 июня 2009 г. – Москва, 2009. – С. 110.
27. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici [et al.] // Archives Animal Breeding. 62,9 – 32, 2019.
28. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska [et al.] // Respod. Nutr. Dev.39 (1999) 171-180.
29. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek [et al.] // Animal Science Papers and Reports vol.22 (2004) no.3, 307-313.
30. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N. T. D. Thy [et al.] // Russian Journal of Genetics, 2018, Vol. 54, No.3, pp.346-352.

УДК 636.2.082.2:636.034(476)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ PRL И BLG НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В СРАВНИТЕЛЬНОМ АСПЕКТЕ**

**А. Н. Михалюк**

УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 230008,  
г. Гродно, ул. Терешковой, 28; e-mail: ggau@ggau.by)

***Ключевые слова:** крупный рогатый скот, гены пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG), показатели молочной продуктивности.*

***Аннотация.** Использование современных ДНК-технологий в животноводстве на основе молекулярно-генетических методов позволяет тестировать животных любого возраста и пола, оценивать и прогнозировать их продуктивность, что имеет огромное значение в селекции при создании высокопродуктивных стад крупного рогатого скота. Поиск и выявление перспективных генов-маркеров, обуславливающих молочную продуктивность животных, позволяет*

вести целенаправленную селекционную работу. Внедрение генетических маркеров в качестве дополнительных критериев при отборе сельскохозяйственных животных позволит ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность. В статье представлены результаты изучения полиморфизма генов пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) и их влияние на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы, коров белорусской черно-пестрой породы и коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции в сравнительном аспекте. Практическая значимость проведенных исследований заключается в использовании полученных результатов для проведения целенаправленной селекции крупного рогатого скота по ген-маркерам молочной продуктивности PRL и BLG, что позволит на уровне ДНК оценивать генетический потенциал пород и популяций, корректировать направленность селекционной работы, влиять на качественные показатели молока.

## STUDYING THE INFLUENCE OF PRL AND BLG GENE POLYMORPHISM ON DAIRY PRODUCTIVITY INDICATORS OF DOMESTIC SELECTION COWS IN A COMPARATIVE ASPECT

A. N. Mikhalyuk

EI «Grodno state agrarian university»

Grodno, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 230008, Grodno, 28 Tereshkova st.; e-mail: ggau@ggau.by)

**Key words:** cattle, prolactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG) genes, milk production indicators.

**Summary.** The use of modern DNA technologies in animal husbandry based on molecular genetic methods makes it possible to test animals of any age and sex, evaluate and predict their productivity, which is of great importance in breeding when creating highly productive herds of cattle. The search and identification of promising marker genes that determine the milk productivity of animals makes it possible to conduct targeted breeding work. The introduction of genetic markers as additional criteria in the selection of farm animals will speed up the breeding process and increase its efficiency. The article presents the results of studying the polymorphism of the prolactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG) genes and their influence on the milk productivity of cows of the Red Belarusian breed group, cows of the Belarusian Black-and-White breed and cows of the Holstein dairy cattle breed of domestic selection in a comparative aspect. The practical significance of the conducted research lies in the use of the results obtained for targeted breeding of cattle according to the milk productivity marker genes PRL and BLG, which will allow assessing the genetic potential of breeds and populations at the DNA level, adjusting the focus of breeding work, and influencing the quality indicators of milk.

(Поступила в редакцию 12.05.2023 г.)

**Введение.** В настоящее время проблема роста производства продуктов скотоводства должна решаться за счет непрерывного качественного улучшения племенных качеств молочных пород при одновременном создании полноценной кормовой базы. Несмотря на использование иностранных улучшающих пород, перед отечественными учеными и практиками стоит актуальная задача совершенствования разводимых в нашей республике пород скота в направлении сочетания высокой продуктивности, технологических качеств и продолжительности хозяйственного использования.

При рассмотрении взаимосвязи генотипов с продуктивными качествами животных обычно учитывают генетическое влияние наследственности отца, линейной принадлежности и «доли крови» родителей, а также генотип особей по различным генам, ассоциированным с продуктивностью, определенным в результате ДНК-тестирования.

Поиск маркеров, при помощи которых возможно маркировать отдельные количественные и качественные хозяйственно ценные признаки животных, позволит более эффективно вести целенаправленную селекцию. В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности коров выделяют гены CSN3 (капа-казеина), GH (гормона роста), PRL (пролактин), BLG (бета-лактоглобулин), BoLA DRB 3 и др.

Пролактин – один из универсальных гормонов гипофиза с точки зрения его биологической функциональности. Ему принадлежит определяющая роль в лактогенезе, где основное его действие – стимуляция развития молочных желез и лактации. Он действует на альвеолы молочных желез и отвечает за синтез основных компонентов молока, включая белки, лактозу и липиды. Пролактин участвует в каждой стадии экспрессии генов молочного белка, т. е. транскрипции, стабилизации м-РНК, трансляции и посттрансляционной модификации белков [4, 5, 7].

Среди генетических маркеров, связанных с уровнем молочной продуктивности и технологическими свойствами молока, широко используется ген сывороточного белка молока – бета-лактоглобулин. Ген бета-лактоглобулин (BLG), локализован на 11-й хромосоме крупного рогатого скота и кодирует основной белок молочной сыворотки [6, 8].

В этой связи **целью работы** явилось изучение влияния генов пролактин (PRL) и бета-лактоглобулин (BLG) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы, коров белорусской черно-пестрой породы и коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции в сравнительном аспекте.

**Материал и методика исследований.** Объектом исследований являлся биологический материал (ушной выщип) от коров красной белорусской породной группы в количестве 104 проб, коров белорусской

черно-пестрой породы в количестве 105 проб, содержащихся в УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района Гродненской области. От коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции, содержащихся в СПК им. И. П. Сенько Гродненского района, отобрали 105 проб.

ДНК-генотипирование животных по генам пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж. Сэмбруку [1], а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех» (Беларусь).

Для амплификации участка гена BLG использовали праймеры [3]:

BLG 1: 5' TGT GCT GGA CAC CGA CTA CAA AAA G 3';

BLG 2: 5' GCT CCC GGT ATA TGA CCA CCC TCT 3'.

Условия проведения ПЦР BLG: 94 °С – 5 мин; 30 циклов: 94 °С – 30 с; 59 °С – 40 с; 72 °С – 20 с; элонгация: 72 °С – 3 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2 % агарозном геле при напряжении 120 В, 50-60 мин. Длина фрагмента гена BLG – 247 п. н. Для рестрикции амплифицированного участка гена BLG применяли эндонуклеазу BsuRI (Hae III). Реакцию проводили при температуре 37 °С.

Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3 % агарозном геле при напряжении 130 В, 50-60 мин, в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геле-документирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену BLG идентифицируются следующие генотипы: BLG<sup>AA</sup> – фрагменты 148/99 п. н.; BLG<sup>AB</sup> – фрагменты 148/99/74 п. н.; BLG<sup>BB</sup> – фрагменты 99/74 п. н.

Для амплификации участка гена PRL использовали праймеры [9]:

PRL 1: 5' CGA GTC CTT ATG AGC TTG ATT CTT 3';

PRL 2: 5' GCC TTC CAG AAG TCG TTT GTT TTC 3'.

Условия проведения ПЦР PRL: 94 °С – 4 мин; 35 циклов: 94 °С – 45 с; 65 °С – 45 с; 72 °С – 45 с; элонгация: 72 °С – 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2 % агарозном геле при напряжении 120 В, 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена PRL – 156 п. н. Для рестрикции амплифицированного участка гена PRL применяли эндонуклеазу Rsa I. Реакцию проводили при температуре 37 °С. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3 % агарозном геле при напряжении 130 В, 50-60 мин, в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на

системе гель-документирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену PRL идентифицируются следующие генотипы: PRL<sup>AA</sup> – длиной 156 п. н.; PRL<sup>AB</sup> – 156/82/74 п. н.; PRL<sup>BB</sup> – 82/74 п. н.

Для изучения молочной продуктивности подопытные животные красной белорусской породной группы, животные белорусской черно-пестрой породы и коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции были сгруппированы в зависимости от возраста: первотелки, коровы второго и третьего отелов. Молочную продуктивность коров определяли по результатам контрольных доений. В статистическую обработку включали показатели по животным, продолжительность лактации у которых была не менее 240 дней. У животных с различными генотипами по изучаемым генам учитывали удой, массовую долю жира и белка, выход молочного жира и белка за 305 дней лактации или укороченную лактацию.

Селекционно-генетические параметры основных хозяйственно полезных признаков определяли методами биологической статистики в описании Н. А. Плохинского [2], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel. Достоверными считались различия при уровне значимости \*  $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** На данном этапе исследований нами изучены в сравнительном аспекте показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы и коров белорусской черно-пестрой породы, а также коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции с различными генотипами по генам пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) в разрезе трех лактаций. Учитывая, что коровы красной белорусской породной группы и белорусской черно-пестрой породы находились в одном хозяйстве с одинаковыми условиями содержания и кормления, а животные голштинской породы молочного скота находились в иных условиях содержания и кормления, то сравнение молочной продуктивности животных красной белорусской породной группы и белорусской черно-пестрой породы мы проводили между собой по трем лактациям, а коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции – внутри породы между лактациями.

В таблице 1 приведены показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG).

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что наиболее высокий удой имели первотелки белорусской черно-пестрой породы по гену пролактина (PRL) с генотипом PRL<sup>BB</sup> –  $6601,00 \pm 218,36$  кг и по

этому показателю они превосходили своих сверстниц красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AB</sup> на 11,5 % ( $P < 0,01$ ). По массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели были у первотелок красной белорусской породной группы по аллелю PRL<sup>A</sup> –  $4,10 \pm 0,07$  % и  $3,40 \pm 0,04$  % соответственно. По этим показателям они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 0,03-0,11 п. п. ( $P < 0,05$ ) и на 0,10-0,12 п. п. ( $P < 0,05$ ) соответственно (за исключением генотипа PRL<sup>BB</sup>). По количеству молочного жира и белка наиболее высокие показатели имели первотелки белорусской черно-пестрой породы генотипа PRL<sup>AB</sup> –  $245,00 \pm 10,11$  кг и  $206,60 \pm 9,09$  кг, и они превосходили первотелок красной белорусской породной группы на 1,9-3,5 % ( $P < 0,05$ ) и на 2,4-5,8 % ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Изучение показателей молочной продуктивности гомо- и гетерозиготных по гену бета-лактоглобулина (BLG) коров свидетельствует о том, что наиболее высокие показатели по удою имели первотелки белорусской черно-пестрой породы генотипа BLG<sup>AA</sup>, они превосходили своих сверстниц красной белорусской породной группы с наиболее высоким удоем (генотип BLG<sup>BB</sup>) на 11,6 % ( $P < 0,01$ ).

Таблица 1 – Показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам PRL и BLG, ( $M \pm m$ )

Генотип	Показатели				
	Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
1	2	3	4	5	6
Первотелки красной белорусской породной группы					
PRL <sup>AA</sup>	$5769,10 \pm 122,55$	$4,10 \pm 0,05^*$	$236,5 \pm 6,60$	$3,40 \pm 0,04^*$	$195,10 \pm 4,68$
PRL <sup>AB</sup>	$5916,80 \pm 178,59^*$	$4,10 \pm 0,09^*$	$240,4 \pm 9,32$	$3,40 \pm 0,05^*$	$201,70 \pm 6,37^*$
BLG <sup>AA</sup>	$5539,10 \pm 145,02$	$4,20 \pm 0,08^{**}$	$232,6 \pm 8,34$	$3,50 \pm 0,06^*$	$193,80 \pm 5,98$
BLG <sup>AB</sup>	$5806,90 \pm 151,73^*$	$4,10 \pm 0,06^{**}$	$238,1 \pm 7,93^*$	$3,40 \pm 0,04^*$	$197,40 \pm 5,02^*$
BLG <sup>BB</sup>	$5838,10 \pm 145,82^*$	$4,00 \pm 0,09^*$	$233,5 \pm 9,22$	$3,30 \pm 0,07$	$192,60 \pm 6,77$
Первотелки белорусской черно-пестрой породы					
PRL <sup>AA</sup>	$5972,50 \pm 154,17$	$3,97 \pm 0,13^*$	$236,64 \pm 9,15$	$3,30 \pm 0,03$	$197,21 \pm 5,11$
PRL <sup>AB</sup>	$6304,00 \pm 183,07^*$	$3,93 \pm 0,11$	$245,00 \pm 10,11$	$3,28 \pm 0,05$	$206,60 \pm 9,09$
PRL <sup>BB</sup>	$6601,00 \pm 218,36^{**}$	$3,89 \pm 0,12$	$257,00 \pm 8,92^*$	$3,45 \pm 0,04^*$	$228,00 \pm 8,15$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
BLG <sup>AA</sup>	6516,25 ±	3,64 ±	237,50 ±	3,27 ±	213,25 ±
	114,55**	0,09	8,61	0,06	5,92*
BLG <sup>AB</sup>	5693,20 ±	3,95 ±	225,80 ±	3,33 ±	189,60 ±
	209,20	0,12*	12,80	0,04	7,54
BLG <sup>BB</sup>	6377,33 ±	4,03 ±	253,67 ±	3,29 ±	209,67 ±
	205,15**	0,11*	9,98**	0,05	8,53*

По массовой доле жира и белка наиболее высокие показатели имели гетерозиготные по гену BLG первотелки красной белорусской породной группы с генотипом BLG<sup>AB</sup> –  $4,10 \pm 0,06$  % и  $3,40 \pm 0,04$  % соответственно. По этим показателям они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 0,07-0,46 п. п. ( $P < 0,01$ ) и на 0,07-0,13 п. п. ( $P < 0,05$ ) соответственно. По количеству молочного жира наиболее высокие показатели имели первотелки белорусской черно-пестрой породы с генотипом BLG<sup>BB</sup> –  $253,67 \pm 19,98$  кг, и по этому показателю они превосходили первотелок красной белорусской породной группы на 2,4-5,8 % ( $P < 0,05$ ). По количеству молочного белка наиболее высокие показатели имели первотелки белорусской черно-пестрой породы генотипа BLG<sup>AA</sup>, они превосходили своих сверстниц красной белорусской породной группы – на 8,0 % ( $P < 0,05$ ) - 10,7 % ( $P < 0,01$ ).

В таблице 2 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) по второй лактации.

Таблица 2 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам пролактина PRL и BLG по второй лактации, ( $M \pm m$ )

Генотип	Показатели				
	Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
1	2	3	4	5	6
Коровы красной белорусской породной группы					
PRL <sup>AA</sup>	6148,60 ± 151,66*	4,00 ± 0,06*	245,90 ± 8,78*	3,40 ± 0,04*	207,80 ± 6,86
PRL <sup>AB</sup>	6094,20 ± 219,52	4,10 ± 0,09**	251,40 ± 7,89**	3,50 ± 0,08**	212,40 ± 8,89*
BLG <sup>AA</sup>	5996,20 ± 193,41	4,10 ± 0,09**	246,30 ± 9,12*	3,50 ± 0,08**	209,80 ± 6,83*
BLG <sup>AB</sup>	6010,90 ± 126,4	4,10 ± 0,06**	245,80 ± 9,72	3,40 ± 0,04*	204,30 ± 5,02*
BLG <sup>BB</sup>	6184,80 ± 178,6*	4,10 ± 0,09**	251,60 ± 8,47**	3,50 ± 0,06**	216,50 ± 9,22**

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Коровы белорусской черно-пестрой породы					
PRL <sup>AA</sup>	5616,10 ± 195,97	3,90 ± 0,06*	218,25 ± 7,90	3,34 ± 0,03	186,25 ± 6,68
PRL <sup>AB</sup>	5901,21 ± 222,31	3,73 ± 0,08	219,07 ± 11,41	3,28 ± 0,02	191,14 ± 8,23
PRL <sup>BB</sup>	5545,21 ± 229,02	3,74 ± 0,05	207,33 ± 9,77	3,29 ± 0,04	182,00 ± 9,93
BLG <sup>AA</sup>	5674,58 ± 261,64	3,68 ± 0,08	207,58 ± 11,46	3,27 ± 0,03	185,75 ± 8,50*
BLG <sup>AB</sup>	5825,62 ± 192,69	3,89 ± 0,05*	225,81 ± 7,00	3,33 ± 0,03	192,95 ± 6,35
BLG <sup>BB</sup>	5297,20 ± 189,53	3,85 ± 0,09	203,60 ± 12,82	3,31 ± 0,03	174,80 ± 8,72

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует о том, что наиболее высокий удой имели гомозиготные по гену PRL особи красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AA</sup> – 6148,60 ± 151,66 кг, по этому показателю они превосходили своих сверстниц белорусской черно-пестрой породы с наиболее высокой продуктивностью (генотип PRL<sup>AB</sup>) на 4,1 % (P < 0,05). По массовой доле жира и белка наиболее высокие показатели имели животные красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AB</sup> – 4,10 ± 0,09 % и 3,50 ± 0,08 % соответственно. По этим показателям они превосходили своих сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 0,20 п. п. (P < 0,05) - 0,27 п. п. (P < 0,01) и на 0,16 п. п. (P < 0,05) - 0,22 п. п. (P < 0,05) соответственно. По количеству молочного жира и белка наиболее выдающиеся показатели также имели коровы красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AB</sup> – 251,40 ± 7,89 кг и 212,40 ± 8,89 кг. По этим показателям они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 10,3 % (P < 0,01) - 21,2 % (P < 0,01) и на 11,1 % (P < 0,01) - 16,7 % (P < 0,01) соответственно.

Наиболее высокие показатели по удою имели особи красной белорусской породной группы генотипа BLG<sup>BB</sup>, они превосходили своих сверстниц генотипа BLG<sup>AB</sup> белорусской черно-пестрой породы на 6,1 % (P < 0,05). По массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели также имели коровы красной белорусской породной группы генотипа BLG<sup>BB</sup> – 4,10 ± 0,09 % и 3,50 ± 0,06 % соответственно, они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 0,25 п. п. (P < 0,05) - 0,42 п. п. (P < 0,01) и на 0,17 п. п. (P < 0,05) - 0,23 п. п. (P < 0,05) соответственно.

Поскольку по удою, массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели имели особи красной белорусской породной



группы генотипа BLG<sup>BB</sup>, то и по количеству молочного жира и белка они также превосходили своих сверстниц белорусской черно-пестрой породы: по количеству молочного жира – на 11,4 % (P < 0,01) - 23,5 % (P < 0,01), а по количеству молочного белка – 12,2 % (P < 0,01) - 23,8 % (P < 0,01) соответственно.

В таблице 3 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) по третьей лактации.

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о том, что наиболее высокий удой имели гомозиготные по гену пролактина (PRL) особи красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AB</sup> – 6632,80 ± 158,32 кг, по данному показателю они превосходили своих сверстниц генотипа PRL<sup>AB</sup> белорусской черно-пестрой породы на 12,1 % (P < 0,01).

Таблица 3 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам пролактина PRL и BLG по третьей лактации (M ± m)

Генотип	Показатели				
	Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
Коровы красной белорусской породной группы					
PRL <sup>AA</sup>	6632,80 ± 158,32**	4,00 ± 0,06*	264,60 ± 9,42**	3,50 ± 0,06**	232,20 ± 9,55**
PRL <sup>AB</sup>	6194,30 ± 210,51	4,20 ± 0,09**	260,20 ± 7,25**	3,60 ± 0,08**	222,30 ± 9,48*
BLG <sup>AA</sup>	6299,30 ± 123,87*	4,10 ± 0,08**	255,30 ± 9,40	3,50 ± 0,07**	220,50 ± 8,01
BLG <sup>AB</sup>	5996,70 ± 208,5	4,00 ± 0,09*	236,30 ± 8,13	3,60 ± 0,08**	215,30 ± 5,02
BLG <sup>BB</sup>	6759,30 ± 222,3**	4,00 ± 0,08*	270,40 ± 8,47**	3,50 ± 0,06**	236,50 ± 9,89**
Коровы белорусской черно-пестрой породы					
PRL <sup>AA</sup>	5818,95 ± 209,13	3,85 ± 0,06	223,74 ± 5,12	3,33 ± 0,023	193,58 ± 5,23
PRL <sup>AB</sup>	5915,78 ± 193,06	3,69 ± 0,06	217,78 ± 7,24	3,35 ± 0,03	197,89 ± 6,73
PRL <sup>BB</sup>	5731,67 ± 203,33	3,77 ± 0,07	216,33 ± 8,89	3,21 ± 0,04	184,33 ± 7,39
BLG <sup>AA</sup>	5791,43 ± 176,52	3,72 ± 0,07	214,00 ± 7,66	3,25 ± 0,03	188,29 ± 6,21
BLG <sup>AB</sup>	5838,54 ± 186,14	3,86 ± 0,06*	224,77 ± 6,54	3,38 ± 0,03	196,92 ± 6,06
BLG <sup>BB</sup>	5959,00 ± 177,42	3,76 ± 0,07	224,17 ± 6,88	3,29 ± 0,03	195,50 ± 5,81

По массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели были у коров красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AB</sup> –  $4,20 \pm 0,09$  % и  $3,60 \pm 0,08$  % соответственно. По этим показателям они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 0,35 п. п. ( $P < 0,01$ ) - 0,51 п. п. ( $P < 0,01$ ) и на 0,25 п. п. ( $P < 0,05$ ) - 0,39 п. п. ( $P < 0,01$ ) соответственно. По количеству молочного жира и белка наиболее высокие показатели имели коровы красной белорусской породной группы генотипа PRL<sup>AA</sup> –  $264,60 \pm 9,42$  кг и  $232,20 \pm 9,55$  кг соответственно, они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 18,2 % ( $P < 0,01$ ) - 22,3 % ( $P < 0,01$ ) и на 17,3 % ( $P < 0,01$ ) - 25,9 % ( $P < 0,01$ ) соответственно. Наиболее высокие показатели по удою имели особи красной белорусской породной группы генотипа BLG<sup>BB</sup> –  $6759,30 \pm 222,30$  кг, они превосходили своих сверстниц белорусской черно-пестрой породы генотипа BLG<sup>BB</sup> на 13,4 % ( $P < 0,01$ ). По массовой доле жира наиболее высокие показатели имели коровы красной белорусской породной группы с генотипом BLG<sup>AA</sup> –  $4,10 \pm 0,08$  %, а по массовой доле белка – животные с генотипом BLG<sup>AB</sup> –  $3,60 \pm 0,08$  % соответственно. По этим показателям они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 0,24 п. п. ( $P < 0,05$ ) - 0,38 п. п. ( $P < 0,01$ ) и на 0,22 п. п. ( $P < 0,05$ ) - 0,35 п. п. ( $P < 0,05$ ) соответственно. По количеству молочного жира и белка наиболее выдающиеся показатели имели особи красной белорусской породной группы генотипа BLG<sup>BB</sup> –  $270,40 \pm 8,47$  кг и  $236,50 \pm 9,89$  кг соответственно, они превосходили сверстниц белорусской черно-пестрой породы на 20,1 % ( $P < 0,01$ ) - 26,3 % ( $P < 0,01$ ) и на 20,0 % ( $P < 0,01$ ) - 25,6 % ( $P < 0,01$ ) соответственно.

В таблице 4 представлены показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции с различными генотипами по генам пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) в разрезе трех лактаций.

Анализ данных, представленных в таблице 4, свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации продуктивность животных возрастала. По гену PRL у коров третьей лактации средний удой по трем генотипам (PRL<sup>AA</sup>, PRL<sup>AB</sup> и PRL<sup>BB</sup>) составил  $9221,10 \pm 328,28$  кг, что на 2,8 % выше, чем у коров второй лактации, и на 10,9 % ( $P < 0,01$ ), чем у первотелок соответственно. При этом наиболее высокий удой имели коровы третьей лактации с генотипом PRL<sup>AB</sup> –  $9533,42 \pm 304,26$  кг, а самый низкий – первотелки генотипа PRL<sup>AA</sup> –  $7863,27 \pm 222,84$  кг. Массовая доля жира в молоке в среднем по трем генотипам (PRL<sup>AA</sup>, PRL<sup>AB</sup> и PRL<sup>BB</sup>) составила: у первотелок –  $3,80 \pm 0,05$  %, у коров второй лактации –  $3,84 \pm 0,09$  % и у коров третьей

лактации –  $3,80 \pm 0,10$  % соответственно. При этом наиболее высокая жирномолочность была выявлена у коров по третьей лактации с генотипом PRL<sup>BB</sup> –  $3,93 \pm 0,10$  %, самая низкая – также у коров по третьей лактации с генотипом PRL<sup>AA</sup> –  $3,71 \pm 0,10$  %. Что касается белкомолочности, то в среднем по трем генотипам (PRL<sup>AA</sup>, PRL<sup>AB</sup> и PRL<sup>BB</sup>) она составила: у первотелок –  $3,25 \pm 0,02$  %, у коров по второй лактации –  $3,19 \pm 0,04$  % и у коров по третьей лактации –  $3,25 \pm 0,05$  % соответственно. Наиболее высокая белкомолочность была у коров по третьей лактации генотипа PRL<sup>BB</sup> –  $3,29 \pm 0,04$  %, самая низкая – у коров по второй лактации генотипа PRL<sup>BB</sup> –  $3,15 \pm 0,04$  %.

Таблица 4 – Показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции с различными генотипами по генам пролактина PRL и BLG в разрезе трех лактаций (M ± m)

Генотип	Показатели				
	Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
1	2	3	4	5	6
Первотелки					
PRL <sup>AA</sup>	7863,27 ± 222,84	3,78 ± 0,05	296,82 ± 11,29**	3,25 ± 0,02	255,45 ± 9,29**
PRL <sup>AB</sup>	8706,35 ± 250,50	3,83 ± 0,04	334,26 ± 11,17*	3,25 ± 0,02	282,65 ± 7,64*
BLG <sup>AA</sup>	8353,00 ± 246,12	3,82 ± 0,08	319,50 ± 12,51*	3,22 ± 0,04	268,55 ± 11,57*
BLG <sup>AB</sup>	8408,44 ± 292,44*	3,77 ± 0,07	318,00 ± 11,83*	3,26 ± 0,04	273,56 ± 9,38*
BLG <sup>BB</sup>	8054,03 ± 207,53*	3,80 ± 0,04	305,81 ± 8,79*	3,26 ± 0,02	262,32 ± 6,52*
Коровы второй лактации					
PRL <sup>AA</sup>	9021,40 ± 242,14*	3,84 ± 0,09	349,40 ± 12,44*	3,21 ± 0,03	289,80 ± 11,60*
PRL <sup>AB</sup>	9153,11 ± 231,89*	3,75 ± 0,08	344,22 ± 13,76*	3,22 ± 0,04	295,67 ± 12,59*
PRL <sup>BB</sup>	8727,50 ± 325,25*	3,92 ± 0,09*	342,45 ± 12,05*	3,15 ± 0,04	274,50 ± 13,50*
BLG <sup>AA</sup>	8080,25 ± 255,84*	3,53 ± 0,09	284,40 ± 12,48*	3,25 ± 0,05	233,41 ± 10,22*
BLG <sup>AB</sup>	9191,45 ± 213,35*	3,83 ± 0,08	354,00 ± 13,02*	3,21 ± 0,02	294,70 ± 10,60*
BLG <sup>BB</sup>	8465,20 ± 279,07*	3,87 ± 0,09*	329,20 ± 14,17*	3,26 ± 0,06	277,20 ± 11,30*
Коровы третьей лактации					
PRL <sup>AA</sup>	9417,50 ± 326,35**	3,71 ± 0,10	347,13 ± 11,67*	3,24 ± 0,04	303,88 ± 10,74*

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
PRL <sup>AB</sup>	9533,42 ± 304,26**	3,72 ± 0,09	351,11 ± 12,64**	3,22 ± 0,05	306,51 ± 12,11*
PRL <sup>BB</sup>	8712,40 ± 354,23*	3,93 ± 0,10	343,83 ± 12,94*	3,29 ± 0,04	286,50 ± 11,34*
BLG <sup>AA</sup>	8828,25 ± 331,05*	3,69 ± 0,10	323,25 ± 13,17*	3,36 ± 0,04	295,25 ± 11,61*
BLG <sup>AB</sup>	9503,05 ± 256,20**	3,79 ± 0,10	359,25 ± 12,55*	3,25 ± 0,03	307,87 ± 11,22**
BLG <sup>BB</sup>	8724,20 ± 250,03*	3,92 ± 0,09	341,75 ± 11,68*	3,25 ± 0,07	283,25 ± 12,87*

Наибольшее количество молочного жира в среднем по трем генотипам (PRL<sup>AA</sup>, PRL<sup>AB</sup> и PRL<sup>BB</sup>) было по третьей лактации – 347,35 ± 12,41 кг. По этому показателю они превосходили коров второй лактации на 0,5 %, а первотелок – на 10,0 % (P < 0,01) соответственно. По количеству молочного белка в среднем по трем генотипам (PRL<sup>AA</sup>, PRL<sup>AB</sup> и PRL<sup>BB</sup>) наиболее высокие показатели были у коров третьей лактации – 298,96 ± 11,39 кг, что на 4,3 % (P < 0,05) больше, чем у коров второй лактации, и на 11,1 % (P < 0,01), чем у первотелок соответственно.

По гену бета-лактоглобулина (BLG) была выявлена та же тенденция, что и по гену пролактина (PRL): с повышением порядкового номера лактации продуктивность животных возрастала. Так, по гену BLG у коров третьей лактации средний удой по трем генотипам (BLG<sup>AA</sup>, BLG<sup>AB</sup> и BLG<sup>BB</sup>) составил 9018,50 ± 328,28 кг, что на 5,1 % (P < 0,05) выше, чем у коров второй лактации, и на 9,0 % (P < 0,01), чем у первотелок соответственно. При этом наиболее высокий удой имели коровы третьей лактации генотипа BLG<sup>AB</sup> – 9503,05 ± 256,20 кг, а самый низкий – первотелки генотипа BLG<sup>BB</sup> – 8054,03 ± 207,53 кг. Массовая доля жира в молоке в среднем по трем генотипам (BLG<sup>AA</sup>, BLG<sup>AB</sup> и BLG<sup>BB</sup>) составила: у первотелок – 3,79 ± 0,06 %, у коров второй лактации – 3,74 ± 0,09 % и у коров третьей лактации – 3,80 ± 0,10 % соответственно. При этом наиболее высокая жирномолочность была выявлена у коров по третьей лактации генотипа BLG<sup>BB</sup> – 3,92 ± 0,09 %, самая низкая – также у коров второй лактации генотипа BLG<sup>AA</sup> – 3,53 ± 0,09 %. Что касается белкомолочности, то в среднем по трем генотипам (BLG<sup>AA</sup>, BLG<sup>AB</sup> и BLG<sup>BB</sup>) она составила: у первотелок – 3,25 ± 0,04 %, у коров второй лактации – 3,24 ± 0,05 % и у коров третьей лактации – 3,29 ± 0,05 % соответственно. Наиболее высокая белкомолочность была у коров по третьей лактации генотипа BLG<sup>AA</sup> – 3,36 ± 0,04 %, самая низкая – у коров по второй лактации генотипа BLG<sup>AB</sup> – 3,21 ± 0,02 %. Наибольшее количество молочного жира в среднем по трем генотипам

(BLG<sup>AA</sup>, BLG<sup>AB</sup> и BLG<sup>BB</sup>) было по третьей лактации – 341,41 ± 12,46 кг. По этому показателю они превосходили коров второй лактации на 5,8 % (P < 0,05), а первотелок – на 8,5 % (P < 0,01) соответственно. По количеству молочного белка в среднем по трем генотипам (BLG<sup>AA</sup>, BLG<sup>AB</sup> и BLG<sup>BB</sup>) наиболее высокие показатели были у коров третьей лактации – 295,45 ± 11,90 кг, что на 10,1 % (P < 0,01) больше, чем у коров второй лактации, и на 10,2 % (P < 0,01), чем у первотелок соответственно.

**Заключение.** Результаты изучения влияния генов PRL и BLG на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы и белорусской черно-пестрой породы в сравнительном аспекте показали, что коровы второй и третьей лактации красной белорусской породной группы превосходили своих сверстниц белорусской черно-пестрой породы по удою за 305 дней лактации на 4,1-13,4 %, по массовой доле жира и белка в молоке – на 0,03-0,51 п. п. и на 0,07-0,39 п. п., а по количеству молочного жира и белка – на 10,3-26,3 % и 11,1-25,9 % соответственно. Показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции с различными генотипами по генам PRL и BLG в разрезе трех лактаций свидетельствуют о том, что с повышением порядкового номера лактации продуктивность животных возрастает: по удою – на 5,1-10,9 %, по количеству молочного жира и белка – на 0,5-10,0 % и 4,3-11,1 % соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование. / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук. – М.: «Мир», 1984. – 480 с.
2. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М.: АН СССР, 1969. – 360 с.
3. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici [et al.] // Archives Animal Breeding. 62,9 – 32, 2019.
4. Brym, P. Nucleotide sequence polymorphism within exon 4 of the bovine prolactin gene and its association with milk performance traits / P. Brym, S. Kaminski, E. Wojcik // J. Appl. Genet. – 2005. – V. 46(2). – P. 179-185.
5. New insights into the prolactin-RsaI (PRL-RsaI) locus in Chinese Holstein cows and its effect on milk performance traits / C. H. Dong [et al.] // Genet. Mol. Res. – 2013. – V. 12. – № 4. – P. 5766-5773.
6. Eggen, A. An integrated cytogenetic and meiotic map of the bovine genome / A. Eggen, R. Fries // Animal Genetics. – 1995. – № 26. – P. 215-36.
7. Use of the Bovine Prolactin Gene (bPRL) for estimating genetic variation and milk production in aboriginal Russian breeds of Bos Taurus / I. V. Lazebnaya [et al.] // Prolactin, Edited by Gyorgy M. Nagy and Bela E. Toth. Rijeka: INTECH. – 2013. – P. 35-52.
8. Candidate genes for growth traits in beef cattle crosses Bos taurus x Bos indicus / D. Tambasco [et al.] // J. of animal breeding and genetics. – 2003. – V. 120. – № 1. – P. 51-56.
9. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N. T. D. Thya [et al.] // Russian Journal of Genetics, 2018, Vol. 54, № 3. – P.346-352.