

БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС КОРОВ СУХОСТОЙНОГО ПЕРИОДА В СВЯЗИ С ПОЛИМОРФНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНА *SCD1* И РЕПРОДУКТИВНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

В.Б. ЛЕЙБОВА, М.В. ПОЗОВНИКОВА

(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики
и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального
государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный
центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»)

*Цель работы – анализ динамики биохимических показателей крови в сухостойный период в связи с продолжительностью сервис-периода в последующую лактацию у коров с различными генотипами гена *SCD1* по rs41255693. Исследования проводили на коровах голштинской породы со средним удоем 9807 ± 606 кг за 305 дней лактации. Генотипы животных ($n = 23$) устанавливали методом ПЦР-ПДРФ: генотип *CC* ($n = 9$) и генотип *CT* ($n = 14$). Биохимические показатели крови анализировали у коров с интервалом в date отела не более 20 суток: генотип *CC* ($n = 6$) и генотип *CT* ($n = 6$). У коров с генотипом *CC* в первый месяц сухостойного периода концентрация общего холестерина (*ОХ*) в крови была выше ($p < 0,05$), а активность *АСТ* имела тенденцию повышения ($p = 0,08$) по сравнению с животными с генотипом *CT*. За 30–10 суток до отела содержание *ОХ* и активность *АСТ* у коров снизились ($p < 0,05$ и $p = 0,055$ соответственно), а у животных с генотипом *CT* они не изменились. Корреляционный анализ показал, что метаболические связи у особей сравниваемых генотипов имели различия по силе и направленности. Число корреляционных связей было в три раза больше у коров с генотипом *CT*. Распределение животных по группам в зависимости от генотипа и сервис-периода показало, что сервис-период продолжительностью более 100 дней в 2,3 раза чаще встречается у коров с генотипом *CC*. Динамика обменных процессов и особенности взаимосвязей компонентов метаболизма у коров с генотипом *CC* являются менее предпочтительными, чем у животных с генотипом *CT*, что может быть связано с повышенной частотой встречаемости более длинного сервис-периода у коров с генотипом *CC*.*

Ключевые слова: ген *SCD1*, коровы, биохимический профиль крови, сервис-период.

Введение

Известно, что полиморфные варианты ряда генов связаны с эффективностью молочного производства у крупного рогатого скота [5]. Одним из генов, предположительно влияющих на молочную продуктивность, является ген *SCD1* [6], который кодирует фермент стеарил-коэнзим-А-десатураза1, регулирующий синтез мононенасыщенных жирных кислот (пальмитолеиновой и олеиновой). Соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот определяет диетические свойства молока, поэтому некоторые SNP гена *SCD1* могут рассматриваться как потенциальные маркеры при прогнозировании его качественного состава. Однако при реализации генетического потенциала животных с целью повышения молочной продуктивности и получения молока высокого качества необходимо учитывать другой важный хозяйственно-полезный признак – способность к воспроизводству.

Полиморфизм многих генов, влияющих на метаболизм липидов, показывает некоторые ассоциации с признаками фертильности [13]. Однако по гену *SCD1* результаты исследований в этом направлении не дали однозначных результатов. Например, в работе, проведенной в отношении фризского молочного скота, связь полиморфизма *SCD1* A293V с признаками фертильности не обнаружена [9]. Напротив, исследование на иранских голштинских коровах показало, что SNP T878C *SCD1* может быть полезен в качестве маркера репродуктивных проблем, но точные механизмы того, как *SCD1* может влиять на воспроизводительную способность, еще не установлены [7]. Поэтому представляется актуальным определение биохимического состава и ферментативной активности крови, дающее представление о метаболических процессах, протекающих в организме у коров с полиморфными вариантами гена *SCD1* в сухостойный период, так как уровень обмена веществ в позднюю фазу стельности влияет на воспроизводительную способность животных в последующем репродуктивном цикле [11, 12].

Целью исследования был анализ динамики биохимического профиля крови в сухостойный период у коров с различными генотипами гена *SCD1* по rs41255693 в связи с продолжительностью сервис-периода в последующую лактацию.

Материалы и методы

Работа была выполнена в период в 2018–2019 гг. Объектом исследования служили 23 коровы голштинской породы, принадлежащие ЗАО ПЗ «Приневское» (Ленинградская область), содержащиеся в условиях привязного содержания (2–3-я лактации). Рацион животных соответствовал зоотехническим нормам. Опыты проводили в соответствии с принципами, изложенными в Хельсинской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects, 1964–2013).

Во время сухостойного периода был проведен двукратный отбор проб крови с интервалом в 24 дня. Одновременно в качестве оценки состояния энергетического баланса в предотельный период определяли BCS (Body Condition Scoring). Кондиции оценивали по 5-балльной шкале (с интервалом в 0,25 балла) по методике Ferguson et.al 1994 [10]. Метод основан на визуальной и тактильной оценке количества жира, откладываемого коровой, особенно на костных выступах спины и таза. Забор крови выполняли пункцией хвостовой вены спустя 2–3 ч после утреннего кормления, использовали вакуумную систему Vacuette. Для получения сыворотки кровь центрифугировали в течение 15 мин при 3000 g. В образцах сыворотки крови определяли содержание общего белка, альбумина, мочевины, глюкозы, триглицеридов, общего холестерина (ОХ), а также активность ферментов: аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), щелочной фосфатазы (ЩФ). Лабораторные исследования проводили на биохимическом анализаторе RX Daytona (Randox Laboratories, Великобритания) с использованием реагентов фирмы «Cormay», Польша. Анализ ПЦР-ПДРФ включал в себя амплификацию фрагмента размером 163 п.н. и дальнейшего его обработки сайт-специфической рестриктазой *Fau I* (ООО «Сибэнзим», Россия). Полученные фрагменты разделяли с помощью гель-электрофореза. Генотипу СС соответствовали фрагменты 108 и 58 п.н., генотипу СТ – фрагменты 163, 105 и 58 п.н., а генотипу ТТ – 163 п.н. [4].

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы Sigma-Plot12,5 («Systat Software, Inc.», США).

Результаты исследований

На основании данных электрофореграмм были рассчитаны частоты генотипов и аллелей гена *SCD1* (rs41255693C > T). У коров ($n = 23$) установили генотип СТ ($n = 14$) с частотой 0,609 и СС ($n = 9$) с частотой 0,391. Генотип ТТ не выявили. Частота встречаемости аллеля С составила 0,696, а аллеля Т – 0,304. Согласно закону распределения Харди-Вайнберга в анализируемой выборке животных наблюдается сдвиг генетического равновесия ($\chi^2 = 4,407$).

На следующем этапе исследований стояла задача сравнить биохимический состав и ферментативную активность крови 1-й и 2-й половин сухостойного периода у коров с полиморфными вариантами гена *SCD1*. По причине различий между ожидаемой и фактической датой отела не представилось возможным сформировать группы животных согласно выявленным генотипам. Поэтому ВКС и биохимический профиль крови оценивали у особей с интервалом в дату отела не более 20 суток: генотип СС ($n = 6$) и СТ ($n = 6$). Такое количество животных является достаточным для сравнения биохимических показателей крови у животных со сходным физиологическим статусом и кондициями тела [3].

Сравнительный анализ выявил у животных с различными генотипами гена *SCD1* как общие закономерности в динамике биохимических показателей, так и их особенности (табл. 1).

Содержание глюкозы у коров обеих анализируемых групп увеличилось к 30–10 суткам до отела ($p < 0,05$), что вместе с отсутствием изменений по ВКС не предполагает наступления отрицательного энергетического баланса в рассматриваемый период. У животных, гомозиготных по аллелю С, концентрация общего холестерина крови в первый месяц сухостойного периода была в 1,2 раза выше ($p < 0,05$), чем у особей с гетерозиготным генотипом. В последующем содержание ОХ у коров с генотипом СС снизилось в 1,2 раза ($p < 0,05$), у животных с гетерозиготным генотипом достоверных изменений в динамике концентрации ОХ в крови за 1–2 месяца до отела не обнаружено.

Снижение концентрации холестерина в крови может происходить у коров, сокращающих потребление сухого вещества с приближением отела [8]. В первый месяц сухостойного периода у животных с генотипом СС выявлена тенденция ($p = 0,088$) к более высоким значениям активности АСТ по сравнению с особями, обладающими гетерозиготным генотипом. Ближе к отелу активность аспаратаминотрансферазы у коров, гомозиготных по аллелю С, была снижена в 1,4 раза ($p = 0,055$), у животных с генотипом СТ активность АСТ в период наблюдений оставалась сходной. У коров со сниженной репродуктивной способности в последующую лактацию наблюдали повышенную активность АСТ в сухостойный период, но в его вторую половину [14].

Если различия между биохимическими показателями крови особей с генотипами СС и СТ представлены только на ранней стадии сухостойного периода, то особенности корреляционных зависимостей для каждого генотипа были выявлены в более поздний период (табл. 2). Корреляционный анализ показал высокую степень интеграции компонентов липидного, углеводного и аминокислотного обмена у особей с генотипом СТ, что при усилении воздействия на организм нескольких факторов (подготовка к родам и лактации) предполагает более высокую адаптационную способность [1]. В предыдущем исследовании, которое было проведено на коровах в последний месяц стельности, большее число корреляционных связей между показателями обмена веществ также было обнаружено у коров с гетерозиготным генотипом [2].

Таблица 1

**BCS и биохимический профиль крови в сухостойный период
у коров с полиморфными вариантами гена *SCD1* (rs41255693)**

Показатель	Генотип			
	СС (n = 6)		СТ (n = 6)	
	58–38 сут. до отела	30–10 сут. до отела	58–38 сут. до отела	30–10 сут. до отела
BCS, баллы	3,70±0,12	3,70±0,09	3,66±0,15	3,77±0,09
Общий белок, г/л	75,7±1,5	71,9±3,0	76,3±1,7	73,2±2,2
Альбумин, г/л	36,9±0,59	37,5±0,52	38,4±0,5	37,1±0,7
Глобулины, г/л	38,7±1,9	34,4±2,7	37,8±2,0	36,1±2,3
Мочевина, ммоль/л	5,27±0,5	4,63±0,13	4,04±0,54	4,67±0,13
Глюкоза, ммоль/л	3,74±0,06	3,91±0,09*	3,68±0,05	3,83±0,08*
Триглицериды, ммоль/л	0,155±0,007	0,199±0,026	0,167±0,025	0,209±0,031
Холестерин, моль/л	3,56±0,13 ^a	2,86±0,19*	3,01±0,19 ^b	3,07±0,21
АЛТ, МЕ/л	16,0±5,4	15,4±3,4	13,0±2,7	11,4±2,2
АСТ, МЕ/л	103,3±14	74,8±10,4	73,5±7,3	69,4±8,0
ЩФ, МЕ/л	48,6±9,8	55,1±7,9	53,0±12,8	45,4±9,0
КДР (АСТ/АЛТ)	11,4±4,16	6,68±2,40	7,19±1,85	7,28±1,35

Примечание. ^{a, b}p < 0,05 – различия между группами статистически значимы при соответствующем p (однофакторный дисперсионный анализ).

*Различия между временными интервалами для одной группы статистически значимы при p < 0,05 (однофакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями).

Таблица 2

**Корреляционные связи между биохимическими параметрами крови
за 30–10 суток до отела у коров с различными генотипами гена *SCD1***

Сравниваемые показатели		Коэффициент корреляции, r	
		СС (n = 6)	СТ (n = 6)
Общий белок	АСТ	- 0,886*	0,429
Глюкоза	Холестерин	0,600	- 0,943*
Триглицериды	АСТ	- 0,371	- 0,886*
Холестерин	АСТ	- 0,257	0,943*

*p < 0,05.

Продолжительность сервис-периода у животных с полиморфными вариантами гена *SCD1* не имела различий и составляла 146 ± 21 суток (генотип СС) и 140 ± 27 суток (генотип СТ). Распределение особей по группам в зависимости от генотипа и величины сервис-периода показало, что сервис-период продолжительностью более 100 дней в 2,0 раза чаще встречается у коров с генотипом СС (табл. 3). При этом удой за 100 дней лактации не имел достоверных различий между группами животных: 3578 ± 275 (генотип СС) и 3950 ± 315 (генотип СТ).

Таблица 3

**Относительная частота встречаемости коров
с различной продолжительностью сервис-периода в группах
с разным генотипом по гену *SCD1* (rs41255693)**

Генотип	Сервис-период, сутки	
	<100	>100
СС (n = 9)	66,7%	33,3%
СТ (n = 14)	42,9%	57,1%

Выводы

У коров с генотипом СС на 58–38-е сутки сухостойного периода концентрация общего холестерина в крови была выше ($p < 0,05$), а активность АСТ имела тенденцию повышения ($p = 0,08$) по сравнению с животными, имеющими гетерозиготный генотип. За 30–10 суток до отела у коров, гомозиготных по аллелю С, содержание холестерина и активность АСТ в крови снизились ($p < 0,05$ и $p = 0,055$ соответственно), тогда как у животных с генотипом СТ на протяжении всего рассматриваемого периода эти показатели не изменялись. Во второй месяц сухостойного периода метаболические связи у особей сравниваемых генотипов имели существенные различия по силе и направленности.

У коров с генотипом СС выявлена обратная связь между концентрацией общего белка и активностью АСТ ($p < 0,05$). У особей с генотипом СС установлена отрицательная связь активности этого фермента с концентрацией триглицеридов ($p < 0,05$), но положительная связь – с содержанием холестерина ($p < 0,05$). Кроме того, у животных, имеющих гетерозиготный генотип, показана положительная ассоциация между концентрацией холестерина и глюкозы ($p < 0,05$).

Продолжительность сервис-периода более 100 дней, в два раза чаще встречаемая у коров гомозиготных по мутации в гене *SCD1* (rs41255693), может быть непосредственно связана с особенностями биохимического профиля крови и характером метаболических взаимосвязей в сухостойный период. Малая выборка животных позволяет сделать только предварительные выводы, поэтому требуются дальнейшие исследования.

Работа выполнена в соответствии с темой Министерства образования Российской Федерации, номер госрегистрации – АААА-А18–118021590132–9.

Библиографический список

1. Горбань А.Н. Групповой стресс: динамика корреляций при адаптации и организация систем экологических факторов / А.Н. Горбань, Е.В. Смирнова, Е.П. Чеусова (Рукопись депонирована в ВИНТИ 17 июля 1997 г., № 2434В97) – 54 с. – URL: <http://adaptometry.narod.ru/Adapt1.pdf> (дата обращения: 21.04.2020).
2. Лейбова В.Б. Особенности биохимического профиля крови у коров голштинской породы в сухостойный период и их хозяйственно-полезные признаки в связи с полиморфизмом гена *SCD1* / В.Б. Лейбова, М.В. Позовникова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 10. – С. 91–97.
3. Методы научных исследований в животноводстве: Методические указания для лабораторных занятий аспирантов по направлению 36.06.01 – Ветеринария и зоотехния / Г.Е. Усков. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2014. – 108 с.
4. Позовникова М.В. Связь полиморфных вариантов гена стеароил-КоА-десатураза (*SCD1*) с хозяйственно-ценными признаками в российской популяции коров айрширской породы / М.В. Позовникова, Г.Н. Сердюк, О.В. Тулинова, В.П. Терлецкий, Н.В. Дементьева, О.В. Митрофанова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 6. – Т. 52. – С. 1139–1147.
5. Шевцова А.А. Обзор вариабельности генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота / А.А. Шевцова, У.А. Климов, С.Н. Ковальчук // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 11. – С. 194–200.
6. Alim M.A. Genetic effects of stearyl – coenzyme A desaturase (*SCD*) polymorphism on milk production traits in the Chinese dairy population / M.A. Alim, Y.P. Fan, X.P. Wu, Y. Xie, Y. Zhang, S.L. Zhang, D.X. Sun, Y. Zhang, Q. Zhang, L. Liu, G. Guo // Molecular biology reports. – 2012. – Vol. 39. – № 9. – Pp. 8733–40.
7. Asadollahpour Nanaei H. Effect of *LEPR*, *ABCG2* and *SCD1* gene polymorphisms on reproductive traits in the Iranian Holstein cattle / H. Asadollahpour Nanaei S. Ansari Mahyari M.A. Edriss // Reproduction in Domestic Animals. – 2014. – Vol. 49. – № 5. – P. 769–774.
8. Bertoni G. Use of the liver activity index and other metabolic variables in the assessment of metabolic health in dairy herds / G. Bertoni, E. Trevisi // Veterinary Clinics: Food Animal Practice. – 2013. – Vol. 29. – № 2. – P. 413–431.
9. Demeter R.M. Effects of milk fat composition, *DGAT1* and *SCD1* on fertility traits in Dutch Holstein cattle / R.M. Demeter, G.C.B. Schopen A.O. Lansink M.P.M. Meuwissen J.A.M. Van Arendonk // Journal of dairy science. – 2009. – Vol. 92. – № 11. – P. 5720–5729.
10. Ferguson J.D. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows / J.D. Ferguson, T.D. Galligan, N. Thomsen // J. Dairy Sci. – 1994. – № 77. – P. 2695.
11. Leibova V. Biochemical status of cows in the I and II phases of the dry period due to reproductive capacity and milk production / V. Leibova, E. Nikitkina, G. Shiryaev // Reproduction in Domestic Animals. – 2019. – Vol. 54. – № 3. – P. 130.
12. Oikonomou G. Genetic relationship of body energy and blood metabolites with reproduction in Holstein cows / G. Oikonomou, G. Arsenos, G.E. Valergakis, A. Tsiaras, D. Zygoyiannis, G. Banos // Journal of Dairy Science. – 2008. – Vol. 91. – № 11. – P. 4323–4332.
13. Wathes D.C. Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow. Reproduction / D.C. Wathes, A.M. Clempson, G.E. Pollott // Fertility and Development. – 2013. – № 25. – P. 48–61.

14. Zulu V.C. Relationship among insulin-like growth factor-1, blood metabolites and postpartum ovarian function in dairy cows / V.C. Zulu, Y. Sawamukai, K. Nakada, K. Kida, M. Moriyoshi // Journal of veterinary medical science. – 2002. – Vol. 64. – № 10. – P. 879–885.

BIOCHEMICAL STATUS OF COWS OF THE INTERLACTATION PERIOD RELATIVE TO POLYMORPHIC VARIANTS OF THE *SCD1* GENE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE

V.B. LEIBOVA, M.V. POZOVNIKOVA

(Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»)

The purpose of the work is to analyze the dynamics of the biochemical parameters of blood in the interlactation (dry) period in connection with the duration of the service period in the subsequent lactation in cows with different genotypes of the SCD1 gene according to rs41255693. The studies were carried out on Holstein cows with an average milk yield of 9807 ± 606 kg for 305 days of lactation. Animal genotypes ($n = 23$) were determined by PCR-RFLP: CC genotype ($n = 9$) and CT genotype ($n = 14$). Blood biochemical parameters were analyzed with an interval in the calving date of no more than 20 days: the CC genotype ($n = 6$) and CT genotype ($n = 6$). In cows with the CC genotype in the first month of the dry period, the concentration of total cholesterol in the blood was higher ($p < 0.05$), and AST activity tended to increase ($p = 0.08$) as compared with animals with the CT genotype. 30–10 days before calving, the total cholesterol content and AST activity in cows decreased ($p < 0.05$ and $p = 0.055$, respectively), while in animals with the CT genotype they did not change. Correlation analysis showed that the number of correlation links was three times lower in cows with the CC genotype. The service period of more than 100 days is observed 2.3 times more frequent in cows with the genotype CC. The dynamics of metabolic processes and the peculiarities of the relationships between metabolic components in cows with the CC genotype are less optimal than in animals with the CT genotype, which may be associated with an increased frequency of a longer service period in cows with the CC genotype.

Key words: *SCD1* gene, cows, biochemical profile of blood, service period.

References

1. Gorban', A.N. Gruppovoy stress: dinamika korrelyatsiy pri adaptatsii i organizatsiya sistem ekologicheskikh faktorov [Group stress: dynamics of correlations during adaptation and the organization of systems of environmental factors] / A.N. Gorban', E.V. Smirnova, E.P. Cheusova // rukopis' deponirovana v VINITI 17.07.97, No. 2434V97. 54. Access mode: <http://adaptometry.narod.ru/Adapt1.pdf> (Access date 21.04.2020). (In Rus.)
2. Leybova V.B. Osobennosti biokhimicheskogo profilya krovi u korov golshhtinskoy porody v suhostoyniy period i ikh khozyaystvenno-poleznye priznaki v svyazi s polimorfizmom gena *SCD1* [Peculiarities of the biochemical profile of blood in the Holstein cows in the dry period and their economically useful features related to polymorphism of the *SCD1* gene] / V.B. Leybova, M.V. Pozovnikova // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. 2018; 10: 91–97. (In Rus.)

3. Metody nauchnykh issledovaniy v zhivotnovodstve: metodicheskie ukazaniya dlya laboratornykh zanyatiy aspirantov po napravleniyu 36.06.01 Veterinariya i zootekhnika [Methods of scientific research in animal husbandry: guidelines for laboratory studies of graduate students in training field 36.06.01 Veterinary and livestock breeding] / G.E. Uskov. – Kurgan: Izd-vo Kurganskaya GSKHA, 2014: 108. (In Rus.)

4. Pozovnikova M.V. Svyaz' polimorfnykh variantov gena stearyl-KoA-desaturaza (SCD1) s hozyajstvenno-cennymi priznakami v rossijskoj populyacii korov ajrshirskoj porody [Association of polymorphic types of stearyl-coa desaturase gene (SCD1) with economically valuable traits in Russian population of Ayrshire cows] / M.V. Pozovnikova, G.N. Serdyuk, O.V. Tulinova, V.P. Terletskiy, N.V. Dementieva, O.V. Mitrofanova // Sel'skohozyaystvennaya biologiya. 2017; 52; 6: 1139–1147. (In Rus.)

5. Shevtsova A.A. Obzor variabel'nosti genov, svyazannykh s molochnoy produktivnost'yu krupnogo rogatogo skota [Review of genes variability associated with milk productivity of dairy cattle] / A.A. Shevtsova, U.A. Klimov, S.N. Koval'chuk // Mezhdunarodniy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2018; 11: 194–200. (In Rus.)

6. Alim M.A. Genetic effects of stearyl – coenzyme A desaturase (SCD) polymorphism on milk production traits in the Chinese dairy population / M.A. Alim, Y.P. Fan, X.P. Wu, Y. Xie, Y. Zhang, S.L. Zhang, D.X. Sun, Y. Zhang, Q. Zhang, L. Liu, G. Guo // Molecular biology reports. 2012; 39; 9: 8733–40.

7. Asadollahpour Nanaei H. Effect of LEPR, ABCG2 and SCD1 gene polymorphisms on reproductive traits in the Iranian Holstein cattle / H. Asadollahpour Nanaei S. Ansari Mahyari M.A. Edriss // Reproduction in Domestic Animals. 2014; 49; 5: 769–774.

8. Bertoni G. Use of the liver activity index and other metabolic variables in the assessment of metabolic health in dairy herds / G. Bertoni, E. Trevisi // Veterinary Clinics: Food Animal Practice. 2013; 29; 2: 413–431.

9. Demeter R.M. Effects of milk fat composition, DGAT1 and SCD1 on fertility traits in Dutch Holstein cattle / R.M. Demeter, G.C.B. Schopen A.O. Lansink M.P.M. Meuwissen J.A.M. Van Arendonk // Journal of dairy science. 2009; 92; 11: 5720–5729.

10. Ferguson J.D. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows / J.D. Ferguson, T.D. Galligan, N. Thomsen // J. Dairy Sci. 1994; 77: 2695.

11. Leibova V. Biochemical status of cows in the I and II phases of the dry period due to reproductive capacity and milk production / V. Leibova, E. Nikitkina, G. Shiryayev // Reproduction in Domestic Animals. 2019; 54; S3: 130.

12. Oikonomou G. Genetic relationship of body energy and blood metabolites with reproduction in Holstein cows / G. Oikonomou, G. Arsenos, G.E. Valergakis, A. Tsiaras, D. Zygoyiannis, G. Banos // Journal of Dairy Science. 2008; 91; 11: 4323–4332.

13. Wathes D.C. Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow. Reproduction / D.C. Wathes, A.M. Clempson, G.E. Pollott // Fertility and Development. 2013; 25: 48–61.

14. Zulu V.C. Relationship among insulin-like growth factor-1, blood metabolites and postpartum ovarian function in dairy cows / Zulu V.C., Sawamukai Y., Nakada K., Kida K., Moriyoshi M. // Journal of veterinary medical science. 2002; 64; 10: 879–885.

Лейбова Виктория Борисовна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела воспроизводства сельскохозяйственных животных, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

(196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а; e-mail: leib1406@yandex.ru; тел.: (952) 356–79–76).

Позовникова Марина Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а; e-mail: pozovnikova@gmail.com; тел.: (960) 231–03–21).

Viktoria B. Leibova, PhD (Bio), Senior Research Associate, the Department of Livestock Reproduction, All-Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding (VNIIGRANZh), Branch of Ernst VIZh Federal Science Center for Animal Husbandry (196601, Russia, St. Petersburg, Moscow Ave., 55a. E-mail: leib1406@yandex.ru).

Marina V. Pozovnikova, PhD (Bio), Senior Research Associate, the Department of Molecular Genetics. All-Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding (VNIIGRANZh), Branch of Ernst VIZh Federal Science Center for Animal Husbandry (196601, Russia, St. Petersburg, Moscow Ave., 55a. E-mail: pozovnikova@gmail.com).