

## ЗНАЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ В РАННЮЮ ЛАКТАЦИЮ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ У МОЛОЧНЫХ КОЗ В ПОСЛЕДУЮЩЕМ СЕЗОНЕ РАЗВЕДЕНИЯ\*

**В.Б. Лейбова**, кандидат биологических наук,  
**М.В. Позовникова**, кандидат биологических наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал  
Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста,  
196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Московское ш., 55А  
E-mail: leib1406@yandex.ru*

*У молочных коз в период ранней лактации большая часть метаболических потоков направлена на производство молока в ущерб энергетическим резервам организма. Как и у коров, нарушение эффективной координации обменных процессов может приводить к метаболическим заболеваниям и негативно отражаться на репродуктивной функции животных. Цель исследования – изучение динамики биохимических показателей крови в первые два месяца лактации у коз зааненской породы после первого окота в связи с разным репродуктивным исходом в последующем сезоне разведения. Кровь для проведения исследований отбирали на 20...30 сут. и 50...60 сут. лактации. По итогам 2-го случного сезона наблюдаемые животные были разделены на 2 группы: I группа (n=19) – особи, принесшие жизнеспособное потомство, II группа (n=6) – козы, не принесшие потомства. В конце первого месяца лактации содержание глюкозы у коз группы I было на 3 % выше (p<0,05), а активность АСТ во втором месяце лактации на 9,6 % ниже (p<0,01) по сравнению с самками группы II. Особи группы I отличались более короткой продолжительностью интервала от окота до первого осеменения в случном сезоне, по сравнению с животными группы II (p<0,05). Корреляционный анализ у коз с отрицательным репродуктивным результатом показал негативную связь между активностью АЛТ на 20...30 сутки после окота и интервалом между окотом и первым осеменением (p<0,05). Можно предположить, что адаптивные возможности коз в ранний период лактации, в том числе обусловленные интеграцией белково-углеводного обмена, могут влиять на репродуктивный успех в последующем сезоне разведения.*

## THE VALUE OF BLOOD BIOCHEMICAL PARAMETERS IN EARLY LACTATION IN PREDICTING THE REPRODUCTIVE ABILITY OF DAIRY GOATS IN THE SUBSEQUENT BREEDING SEASON

**Leibova V.B., Pozovnikova M.V.**

*Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center  
for Animal Husbandry,  
196601, Sankt-Peterburg, Pushkin, Moskovskoe sh., 55A  
E-mail: leib1406@yandex.ru*

*In dairy goats during early lactation, most of the metabolic flows are directed towards milk production to the detriment of the body's energy reserves. As in cows, a violation of the effective coordination of metabolic processes can lead to metabolic diseases and adversely affect the reproductive function of animals. The purpose of the study was to study the dynamics of blood biochemical parameters in the first two months of lactation in goats of the Saanen breed after the first lambing due to different reproductive outcomes in the subsequent breeding season. Blood for research was taken at 20-30 days, and 50-60 days, lactation. According to the results of the 2nd breeding season, the observed animals were divided into 2 groups: group I (n=19) - individuals that brought viable offspring, group II (n=6) - goats that did not bring offspring. It was found that at the end of the first month of lactation, the glucose content in goats of group I was 3 % higher (p<0.05), and AST activity in the second month of lactation was 9.6 % lower (p<0.01) compared with the same indicators in females of group II. Individuals from group I had a shorter interval from lambing to the first insemination in the breeding season compared to animals of group II (p<0.05). Correlation analysis in goats with a negative reproductive result showed a negative relationship between ALT activity on days 20-30 after lambing and the interval between lambing and the first insemination (p<0.05). We assume that the adaptive capabilities of goats in the early lactation period, including those due to the integration of protein-carbohydrate metabolism, can affect reproductive success in the subsequent breeding season.*

**Ключевые слова:** козы молочного направления, биохимические показатели крови, репродукция.

**Key words:** dairy goats, biochemical parameters of blood, reproduction.

Успешный переход от предродового периода к началу лактации включает в себя инициирование и координацию изменений во многих тканях организма [1]. После родов они связаны с перераспределением метаболических потоков, в первую очередь, на производство молока. Как и у молочных коров, неспособность эффективно регулировать происходящие процессы приводит к дезадаптации переходного периода у коз, что сопровождается возникновением метаболических заболеваний [2]. В дальнейшем, несмотря на сезонность размножения коз, это может негативно отразиться на репродуктивной функции, поскольку реинициация активности яйчников будет происходить в раннем периоде лактации на фоне нарушений обмена веществ

[3]. Это особенно актуально для самок, приносящих потомство во вторую половину сезона окотов, так как сокращается временной интервал между родами и началом периода размножения. Результаты исследований свидетельствуют, что особенности метаболизма у коз в период сезонного анэструса могут влиять на способность к плодотворному осеменению и вынашиванию плода в последующую беременность [4, 5].

Определение метаболического профиля, под которым подразумевают анализ биохимических параметров крови, полезных для оценки и предотвращения нарушений обмена веществ и питания в молочных стадах [6], позволяет выявить нежелательные изменения, происходящие в организме самки до начала периода размножения.

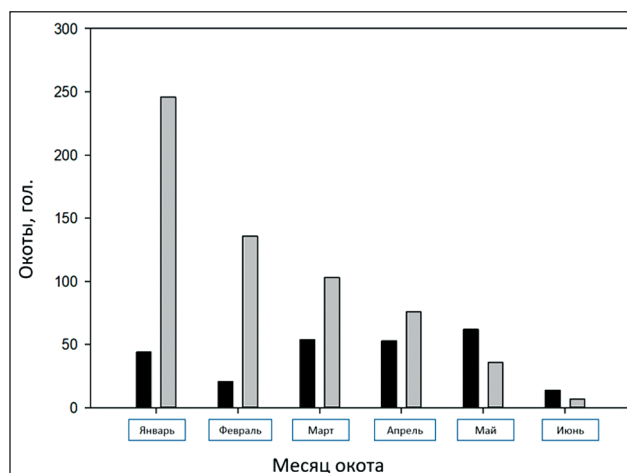
\*исследование выполнено в рамках ГЗ № 121052600354-7

Цель исследования – определение связи между динамикой биохимических параметров крови у первородящих коз зааненской породы в предслучной период (1...2 мес лактации) и последующей воспроизводительной способностью самок.

**Методика.** Исследование проводили в одном из племенных хозяйств Ленинградской области (2020 г.). Объектом исследования служили 25 коз после первого окота (апрель–май), не проявлявших клинических признаков заболеваний. Животные находились на беспривязном содержании, рацион соответствовал зоотехническим нормам для этого физиологического периода. Кровь для биохимических исследований отбирали через 2 ч после утреннего кормления: в конце первого месяца лактации (20...30 сут.) и второго месяца лактации (50...60 сут.). Сыворотку получали через 1 ч после отбора проб крови, центрифугируя образцы в течение 15 мин. при 3000 g. В сыворотке крови определяли концентрацию общего белка, альбумина, мочевины, креатинина, глюкозы, общего холестерина, триглицеридов, общего билирубина, а также активность ферментов аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ) и щелочная фосфатаза (ЩФ). Лабораторные исследования проводили на автоматическом анализаторе «PKL 125» (Pegamedical, Италия) с использованием реагентов фирмы «Витал Девелопмент Корпорэйшн» (Россия).

По итогам 2-го случного сезона, который начался через три месяца после окота (август) наблюдаемых животных разделили на 2 группы: I группа (n=19) – особи, принесшие жизнеспособное потомство (завершённый репродуктивный цикл) II группа (n=6) – козы, не принесшие потомства (незавершённый репродуктивный цикл).

Результаты исследований обрабатывали методом однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) и однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями (One Way Repeated Measures Analysis of Variance) с использованием программы SigmaPlot 12,5 (SystatSoftware, Inc., США). В случае нормального распределения сравниваемых показателей применяли критерий Холма – Сидака, при его



**Рис. 1.** Динамика окотов у первородящих и повторородящих коз: ■ – козы 1-го окота; ■ – козы 2-х и более окотов.

отсутствии – критерий Данна. Был принят уровень значимости  $p < 0,05$ , а тенденции рассмотрены при  $0,05 < p < 0,10$ . Корреляционный анализ проводили с использованием коэффициента Пирсона.

**Результаты и обсуждение.** Период окотов у коз в Северо-Западном регионе длится с января по май, сезон разведения начинается, в зависимости от погодных условий, в августе–сентябре и заканчивается в декабре. В 2020 г. у животных с двумя и более лактациями большая часть окотов (40,7 %) проходила в январе (рис. 1), у первородящих самок они были распределены равномернее, но наибольшее их число пришлось на апрель–май (21,4 % и 25 %). Таким образом, более молодые животные имели значительно меньше времени на восстановление и подготовку репродуктивной системы к началу случного сезона.

Ранний послеотельный период характеризуется повышенной активностью обменных процессов. Однако в нашем исследовании достоверное увеличение концен-

**Табл. 1.** Биохимические показатели крови в первые два месяца лактации у коз с разным репродуктивным результатом после окончания сезона размножения

Показатель	Группа			
	I (n=19)		II (n=6)	
	20...30 сут.	50...60 сут.	20...30 сут.	50...60 сут.
Креатинин, мкмоль/л	59,4 ± 1,9	65,7 ± 1,7**	62,6 ± 2,4	68,9 ± 2,2*
Триглицериды, ммоль/л	0,102 ± 0,010	0,154 ± 0,018 **	0,098 ± 0,018	0,297 ± 0,099
Общий белок, г/л	64,1 ± 1,0	68,7 ± 0,8***	68,9 ± 1,5	71,5 ± 1,1
Общий холестерин, ммоль/л	2,01 ± 0,07	2,15 ± 0,05***	2,03 ± 0,15	2,15 ± 0,11
Мочевина, ммоль/л	6,97 ± 0,30	6,31 ± 0,42*	6,21 ± 0,48	7,01 ± 0,59
Общий билирубин, мкмоль/л	8,31 ± 0,56	6,55 ± 0,49***	7,87 ± 1,1	7,60 ± 0,9
Глюкоза, ммоль/л	3,27 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,18 ± 0,08	3,04 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,21 ± 0,07
АСТ, ед/л	94,8 ± 2,7	91,4 ± 3,6 <sup>c</sup>	103 ± 6	114 ± 6 <sup>d</sup>
Альбумин, г/л	31,3 ± 0,4	32,0 ± 0,3	32,8 ± 0,7	32,4 ± 0,3
АЛТ, ед/л	15,5 ± 1,0	18,9 ± 1,9	16,1 ± 1,5	18,4 ± 1,2
ЩФ, ед/л	125 ± 31	140 ± 40	97,2 ± 19,9	99,6 ± 17,8

достоверные различия по месяцам лактации внутри групп – \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  (One Way Repeated Measures Analysis of Variance); достоверные различия по месяцам лактации между группами – <sup>a</sup> $p < 0,05$ ; <sup>c</sup> $d < 0,01$  (One Way Analysis of Variance).

трации в сыворотке крови к 50...60 сут. после окота, как в группе I, так и в группе II, отмечали только для креатинина ( $p < 0,01$  и  $p < 0,05$  соответственно). Содержание этого метаболита в крови у особей, не имеющих патологии почек, положительно связана с мышечной массой тела. Повышенная потребность в глюконеогенезе и синтезе молочного белка после родов приводит к высвобождению аминокислот из мышечной ткани [7].

По данным некоторых исследователей [8], липомобилизация у первородящих коз протекает менее интенсивно, в отличие от особей, имевших несколько окотов, так как у молодых животных в предродовом периоде больше мышечных резервов, по сравнению с жировой тканью [9]. При этом пик мобилизации мышечных резервов в большей степени происходит в первую-вторую неделю после родов и заканчивается к 4-ой неделе лактации [10]. Таким образом, более низкие показатели концентрации креатинина у самок в конце первого месяца лактации, вероятно, можно объяснить отрицательным энергетическим балансом и связанным с ним снижением мышечной массы, что обусловлено использованием мышечного белка в качестве источника энергии.

У коз группы I к окончанию второго месяца лактации увеличилась концентрация в крови триглицеридов ( $p < 0,01$ ), общего белка и холестерина ( $p < 0,001$ ), но установлена отрицательная динамика по содержанию мочевины ( $p < 0,05$ ) и общего билирубина ( $p < 0,001$ ). У особей группы II между первым и вторым месяцами лактации статистически значимых различий между величинами этих показателей не выявлено, при этом у них, в отличие от животных первой группы, активность АСТ имела тенденцию к росту ( $p = 0,08$ ).

Уровни большинства биохимических показателей находились в пределах референтных диапазонов, содержание креатинина в крови на 20...30 сут. была несколько ниже этих значений, а концентрация общего билирубина в обеих группах выходила за границы величин, указанных в справочном пособии [11] по крайней мере в 1,5...1,8 раза, но совпадала с результатами Radin et al. 2017, полученными на козах в раннюю лактацию [3]. Информация об активности АСТ и содержании общего билирубина в крови, наряду с некоторыми другими метаболитами и ферментами, даёт представление о состоянии печени у коз [12]. Незначительное, но статистически достоверное увеличение активности АСТ, на фоне повышенного и не снижающегося уровня общего билирубина у коз группы II в первые месяцы лактации, могло быть обусловлено наличием субклинического воспалительного или дегенеративного заболевания печени [13]. Известно, что функциональное состояние печени в послеродовой период влияет на овариальную функцию молочного скота, в том числе на качество ооцитов и потенциал их развития [14].

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют, что биохимические профили на 20...30 сут. и 50...60 сут. лактации (май-июнь) у коз с различным репродуктивным исходом в последующем сезоне размножения несколько различаются (табл. 1). В конце первого месяца лактации содержание глюкозы в крови у коз группы I, по сравнению с группой II, было выше на 3 % ( $p < 0,05$ ). Первые 30 дней после родов могут иметь решающее значение с точки зрения влияния метаболитов и метаболических гормонов на репродуктивную функцию молочного скота, как известно, глюкоза – основной энергетический источник для репродуктивных органов, кроме того концентрация этого метаболита в крови связана с продукцией инсулина и ИФР I, которые служат важными модуляторами овариальной функции [15].

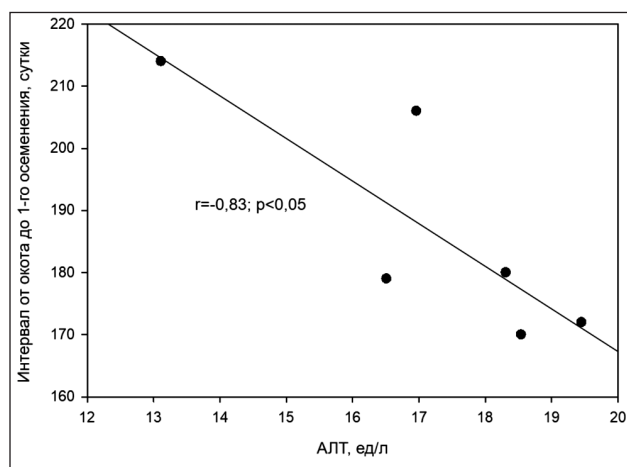


Рис. 2. Корреляционная связь между активностью АЛТ в первый месяц лактации и интервалом от окота до 1-го осеменения в сезон разведения у коз группы II.

Другой показатель, величина которого различалась у групп с разным репродуктивным потенциалом – активность АСТ. Во втором месяце лактации у особей группы I она была на 9,6 % ниже ( $p < 0,01$ ), чем у животных группы II. Изменения биохимических компонентов сыворотки крови, обусловленные физиологическими или патологическими изменениями в организме самки, влияют на состав фолликулярной жидкости [16], что с учётом продолжительного развития овариальных фолликулов (4...6 месяцев от примордиальной до преовуляторной стадии), может предопределять развитие ооцита и стероидогенез фолликула у самок до начала сезона разведения [17, 18, 19]. Показано, что повышение активности АСТ в фолликулярной жидкости может быть сопряжено со снижением качества ооцитов у молочного скота [20].

Особь из группы I отличались более коротким ( $p < 0,05$ ) интервалом от окота до первого осеменения в случном сезоне, по сравнению с животными группы II (табл. 2). При проведении корреляционного анализа у коз группы II была обнаружена отрицательная линейная зависимость ( $p < 0,05$ ) между активностью АЛТ на 20...30 сутки после окота и интервалом между окотом и первым осеменением (рис. 2), хотя сами значения активности у животных обеих групп были сходными. В наших предыдущих работах на молочных коровах подобная связь этого фермента с продолжительностью сервис-периодом также была установлена, однако уровень его

Табл. 2. Показатели воспроизводства и молочной продуктивности

Показатель	Группа	
	I (n=19)	II (n=6)
Интервал от окота до первого осеменения, дн.	157 ± 7	187 ± 8*
Возраст первого окота, дн.	430 ± 6	412 ± 10
Число козлят при 1-м окоте, гол.	1,58 ± 0,12	1,57 ± 0,20
Индекс осеменения	1,25 ± 0,10	1,33 ± 0,21
Удой за 100 дней лактации, кг	243 ± 15	288 ± 15
МДЖ, %	3,56 ± 0,17	3,58 ± 0,04
МДБ, %	3,23 ± 0,02	3,25 ± 0,03
*p < 0,05		

активности между группами животных с разным репродуктивным потенциалом различался [21]. Поскольку метаболиты сыворотки крови участвуют в регуляции ферментативной активности на клеточном уровне, предполагаем, что отрицательная связь АЛТ с интервалом от охота до первого осеменения обусловлена его ролью в работе глюкозо-аланинового цикла на фоне более низкой концентрации глюкозы в первый месяц лактации у коз группы II ( $p < 0,05$ ). Известно, что содержание глюкозы в крови жвачных животных зависит от интенсивности эндогенного синтеза [22].

Такие показатели репродукции, как возраст первого охота, число козлят в помёте и индекс осеменения у коз первой и второй групп были сходными, молочная продуктивность также не имела статистически достоверных различий (см. табл. 2).

Таким образом, у коз с завершённым репродуктивным циклом в последующем сезоне разведения концентрация глюкозы в крови на 20...30 сутки лактации была выше ( $p < 0,05$ ), а активность АСТ на 50...60 сутки лактации ниже, по сравнению с животными, не принёсшими потомство ( $p < 0,01$ ). Кроме того, у коз с незавершённым репродуктивным циклом установлена отрицательная корреляционная связь между активностью АЛТ в первый месяц лактации и интервалом от охота до 1-го осеменения, что предполагает более высокую потребность в интеграции белково-углеводного обмена.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что при одинаковых условиях кормления и содержания козы проявляют разную адаптационную способность к метаболической нагрузке в первые месяцы лактации, что, в свою очередь, может оказывать влияние на репродуктивный успех в последующем сезоне разведения.

#### Литература.

1. Боголюбова Н.В., Романов В.Н., Багиров В.А. Метаболический профиль коров при коррекции питания в конце сухостойного периода и начале лактации // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021. № 1. С. 47–50. doi: 10.31857/S2500262721010117.
2. Simoes J., Gutierrez C. *Nutritional and Metabolic Disorders in Dairy Goats // In Sustainable Goat Production in Adverse Environments*. Berlin: Springer, 2017. Vol. 1. P. 177–194. doi: 10.1007/978-3-319-71855-2.
3. *Blood metabolites of extensively reared Croatian multi-colored goats during early lactation and early gravidity* / L. Radin, A. Shek Vugrovecki, J. Pejakovic Hlede, et al. // *Veterinarski arhiv*. 2017. Vol. 87(3). P. 273–280.
4. Лейбова В.Б., Шапиев И.Ш., Лебедева И.Ю. Ферментативная активность крови у коз зааненской породы в разные периоды репродуктивного цикла и в связи с завершением беременности // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. №2. С. 238–246.
5. Лейбова В.Б., Позовникова М.В. Биохимические показатели обмена веществ у молочных коз с разным репродуктивным потенциалом // *Молочное и мясное скотоводство*. 2020. №. 8. С. 35–37.
6. Puppel K., Kuczynska V. *Metabolic profiles of cow's blood; a review* // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016. Vol. 96(13). P. 4321–8. doi:10.1002/jsfa.7779.
7. *Insulin signaling and skeletal muscle atrophy and autophagy in transition dairy cows either overfed energy or fed a controlled energy diet prepartum* / S. Mann, A. Abuelo, D.V. Nydam, et al. // *Journal of Comparative Physiology B*. 2016. Vol. 186. P. 513–525. doi: 10.1007/s00360-016-0969-1.
8. *Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period* / F. Zamuner, K. DiGiacomo, A. Cameron, et al. // *Journal of Dairy*

9. *Science*. 2020. Vol. 103(6). P. 5616–5628. doi: 10.3168/jds.2019-18040.
9. Siachos N., Panousis N., Oikonomou G., Valergakis G. *Role of fat and muscle mass and mobilization of transition dairy cows on milk yield and reproduction* // *EAAAP – 69th Annual Meeting*. Dubrovnik, 2018. P. 364. doi: 10.13140/RG.2.2.32266.72648. URL: [https://www.researchgate.net/publication/328342687\\_Role\\_of\\_fat\\_and\\_muscle\\_mass\\_and\\_mobilization\\_of\\_transition\\_dairy\\_cows\\_on\\_milk\\_yield\\_and\\_reproduction?channel=doi&linkId=5bc752aea6fdcc03c789a88c&showFulltext=true](https://www.researchgate.net/publication/328342687_Role_of_fat_and_muscle_mass_and_mobilization_of_transition_dairy_cows_on_milk_yield_and_reproduction?channel=doi&linkId=5bc752aea6fdcc03c789a88c&showFulltext=true) (дата обращения 18.05.2022).
10. *Protein and fat mobilization and associations with serum  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations in dairy cows* / S.G.A. Van der Drift, M. Houweling, J.T. Schonewille, et al. // *Journal of dairy science*. 2012. Vol. 95(9). P. 4911–4920. doi: 10.3168/jds.2011-4771
11. Аксенова П.В., Ермаков А.М. *Биология репродукции коз*. СПб.: Издательство «Лань», 2015. 272 с.
12. Castillo C., Abuelo A., Hernandez J. *Usefulness of metabolic profiling in the assessment of the flock's health status and productive performance* // *Small Ruminant Research*. 2016. Vol. 142. P. 28–30 doi:10.1016/j.smallrumres.2016.02.019.
13. Davoudi S.M. *Study of hepatic problems in livestock* // *European Journal of Zoological Research*. 2013. Vol. 2 (4). P. 124–132.
14. Соломахин А.А., Смекалова А.А., Лебедева И.Ю. *Показатели работы печени в послеотельный период у коров с депрессией овариальной функции в первую и последующие лактации* // *Зоотехния*. 2020. № 12. С. 20–25. doi: 10.25708/ZT.2020.83.72.006.
15. Lucy M.C., Butler S.T., Garverick H.A. *Endocrine and metabolic mechanisms linking postpartum glucose with early embryonic and foetal development in dairy cows* // *Animal*. 2014. Vol. 8(s1). P. 82–90.
16. Rodgers R.J., Irving-Rodgers H.F. *Formation of the ovarian follicular antrum and follicular fluid* // *Biology of reproduction*. 2010. Vol. 82(6). P. 1021–1029. doi: 10.1095/biolreprod.109.082941.
17. Cahill L.P., Mauleon P.J. *Influences of season, cycle and breed on follicular growth rates in sheep* // *Reproduction*. 1980. Vol. 58(2). P. 321–328.
18. Lussier J.G., Matton P., Dufour J.J. *Growth rates of follicles in the ovary of the cow* // *Reproduction*. 1987. Vol. 81. P. 301–307.
19. *Mechanisms regulating follicular development and selection of the dominant follicle* / R. Webb, B. Nicholas, J.G. Gong, et al. // *Reproduction-Cambridge-Supplement*. 2003. Vol. 61. P.71–90.
20. Ротарь Л.Н., Шапиев И.Ш. АСТ, триглицериды и холестерин в жидкости овариальных фолликулов, и их связь с морфологией ооцит-кумулясных комплексов коров // *Международный вестник ветеринарии*. 2019. № 2. С.156–161.
21. Лейбова В.Б., Шапиев И.Ш., Лебедева И.Ю. *Метаболическое состояние в конце периода раздоя у высокопродуктивных молочных коров с разной воспроизводительной способностью* // *Сельскохозяйственная биология*. 2011. Т. 6. С. 103–109.
22. Галочкина В.П., Агафонова А.В., Дудин В.И. *Оценка обеспеченности тиамином и фолатом и направленности обмена пировиноградной кислоты у коров в связи с уровнем продуктивности* // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2016. № 1. С. 65–75.

Поступила в редакцию 15.03.2022  
 После доработки 19.04.2022  
 Принята к публикации 05.05.2022