

И. Ю. Лебедева¹, О. С. Митяшова¹**Биохимические показатели функционального состояния печени в сухостойный период и первый триместр лактации у черно-пестрых коров с разной послеродовой активностью яичников**¹ Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста**Рекомендации для цитирования:**

Лебедева И. Ю. Биохимические показатели функционального состояния печени в сухостойный период и первый триместр лактации у черно-пестрых коров с разной послеродовой активностью яичников // И. Ю. Лебедева, О. С. Митяшова // Генетика и разведение животных. — 2025. — № 4. — С. 51–60. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-4-51-60>

For citation:

Lebedeva I. Biochemical indices of the functional state of the liver during the dry period and the first trimester of lactation in Black-and-White cows with different postpartum ovarian activities / I. Lebedeva, O. Mityashova // Genetics and animal breeding. — 2025. — №. 4. — P. 51–60. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-4-51-60>

Поступила в редакцию: 20.11.2025.

Received: 20.11.2025.

© Lebedeva I., Mityashova O., 2025

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Конфликт интересов:**

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interest.

Ключевые слова: коровы черно-пестрой породы; сухостойный период; первый триместр лактации; обмен веществ; послеродовая активность яичников.

Введение. Уровень воспроизводства, играющий ключевую роль в поддержании рентабельности молочного скотоводства, до сих пор остается недостаточно высоким. Несмотря на повсеместное применение таких биотехнологических методов, как искусственное осеменение (ИО) в сочетании с синхронизацией полового цикла, только 35–55 % высокопродуктивных молочных коров благополучно завершают беременность вслед-

Аннотация.

Цель: изучить биохимические показатели функционального состояния печени в сухостойный и послеродовый периоды у коров черно-пестрой породы в связи с динамикой возобновления лютеальной активности яичников.

Материалы и методы. Объектом исследования служили 69 коров в возрасте 2–4-й лактации, у которых брали кровь за 6, 4 и 2 недели до отела и через 1, 3, 7 и 13 недель после отела. Функциональное состояние яичников оценивали через 7 и 13 недель после отела с помощью ректального исследования и УЗИ. Оценку лютеальной активности яичников проводили на основании содержания прогестерона в крови. Коров поделили на 4 группы: I – лютеальная активность диагностирована к 7-й неделе после отела ($n=29$); II – лютеальная активность выявлена к 13-й неделе после отела ($n=16$); III – лютеальная активность не обнаружена в течение 13 недель после отела при отсутствии признаков ГФЯ ($n=12$); IV – наличие признаков умеренной или глубокой ГФЯ ($n=12$).

Результаты. На протяжении всего периода наблюдений в крови коров IV группы концентрация альбуминов была в 1,1–1,2 раза меньше ($p<0,001–0,05$), а концентрация глобулинов в 1,2–1,3 раза больше ($p<0,01–0,05$), чем в I группе. Кроме того, по сравнению с I группой уровень альбуминов был в 1,1 раза ниже ($p<0,01–0,05$) у животных во II и III группах с 3-й по 13-ю неделю лактации, тогда как уровень глобулинов был в 1,1–1,2 раза выше ($p<0,01–0,05$) у особей II группы (за 6 недель до отела) и III группы (через 1 неделю после отела). Концентрация билирубина в крови коров была больше, чем в I группе, за 4 недели до отела – у животных III группы (в 1,5 раза, $p<0,01$) и за 2 недели до отела – у животных IV группы (в 1,3 раза, $p<0,05$). Активность аспартатаминотрансферазы была в 1,2–1,3 раза меньше ($p<0,01$) в I группе, чем во II группе через 7 недель лактации и в III группе через 7 и 13 недель. Активность аланинаминотрансферазы в I группе в 1,2–1,3 раза ($p<0,05$) превышала таковую в III группе (за 6 недель до отела) и во II и IV группах (через 13 недель лактации). Концентрация триглицеридов у животных I группы была в 1,2–1,3 раза выше ($p<0,01–0,05$), чем у животных трех других групп в разные временные периоды с 4-й недели до отела по 7-ю неделю после отела.

ствие высокой эмбриональной смертности [1]. Кроме того, к одной из основных проблем воспроизводства дойных коров относится длительное сохранение послеотельного анэструса [2]. У животных с ановуляторными циклами отсутствует эстральное поведение, что затрудняет проведение ИО в оптимальные сроки. Помимо этого, у таких коров при использовании процедуры синхронизации цикла наблюдается снижение про-

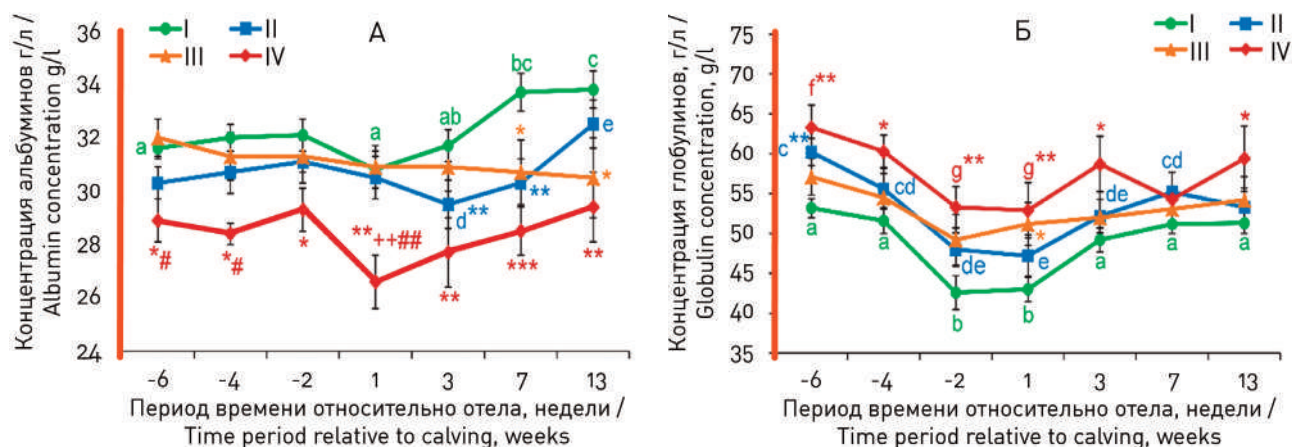


Рис. 1. Концентрация альбуминов (А) и глобулинов (Б) в сухостойный период и первый триместр лактации в крови коров 2—4 отела с разной активностью яичников. Средние значения для одной группы, помеченные индексами без общих букв, достоверно различаются ($p < 0,05$ — $p < 0,001$). Значимые различия между группами: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (по сравнению с I группой); # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$ (по сравнению со II группой); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ (по сравнению с III группой).

Fig. 1. Concentration of albumins (A) and globulins (B) during the dry period and the first trimester of lactation in the blood of cows of parity 2—4 with different ovarian activity. The average values for one group, marked with indices without common letters, differ significantly ($p < 0,05$ — $p < 0,001$). Significant differences between groups: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (compared to group 1); # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$ (compared to group 2); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ (compared to group 3).

цента плодотворных осеменений и повышенный риск потери стельности по сравнению с особями, проявляющими половую цикличность [3]. Вместе с тем доля коров голштинской и черно-пестрой пород, сохраняющих состояние анэструса к концу периода добровольного ожидания, варьирует от 5 до 45 % и более [4, 5].

Реализация репродуктивного потенциала животных зависит от адекватного взаимодействия между гипоталамо-гипофизарно-гонадной осью, эндометрием и развивающимся эмбрионом. Любые физиологические изменения, затрагивающие материнскую иммунную, метаболическую или эндокринную систему, которые нарушают такое взаимодействие, оказывают негативное влияние на фертильность коров [3]. Как известно, переход от поздней стадии гестации к ранней лактации является чрезвычайно сложным для молочных коров, особенно высокопродуктивных. Резкое увеличение потребности в питательных веществах, которое не покрывается за счет потребления корма, приводит к отрицательному энергетическому балансу (ОЭБ) и значительной (зачастую избыточной) мобилизации резервов организма, что вызывает нарушения в состоянии обмена веществ, иммунитета и гормонального баланса [6]. Эти нарушения, характерные для транзитного периода, являются факторами риска ановуляторных состояний, тогда как метаболические и инфекционные заболевания, которые широко распространены в околородовой период, неблагоприятно действуют на созревание фолликулов, развитие эмбриона и состояние матки [7]. При этом ановуляция и нарушения здоровья оказывают аддитивное влияние на снижение фертильности молочных коров.

В исследованиях ряда авторов было установлено, что задержка возобновления овуляции у крупного рогатого скота голштинской породы может быть обусловлена дистоцией, отрицательным энергетическим балансом и потерей упитанности после отела, нарушениями обмена веществ, гормональным дисбалансом, а также возникновением заболеваний в ранний период лактации [2, 8, 9]. Ухудшение функционального состояния печени, занимающей центральное место в регуляции метаболических процессов, не только в послеотельный, но и в сухостойный период также связано с торможением активации яичников у голштинских коров [10, 11]. В транзитный период печень высокоудойных животных подвергается высокому метаболическому напряжению, что приводит к изменению биохимического состава крови и, как следствие, жидкости фолликулов, влияя на рост и развитие последних [12, 13]. У первотелок и коров черно-пестрой породы гиподисфункция яичников (ГФЯ), являющаяся наиболее тяжелой формой овариальной депрессии, была сопряжена с изменением в раннюю лактацию ряда биохимических показателей, характеризующих работу печени [14]. Кроме того, возникновению устойчивой овариальной гиподисфункции у первотелок этой породы предшествовало уменьшение в предотельный период активности в крови двух печеночных ферментов — аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспаратаминотрансферазы (АСТ) [15].

Цель исследований — изучить биохимические показатели функционального состояния печени в сухостойный и послеродовой периоды у коров черно-пестрой породы в связи с динамикой воз-

обновления лютеальной активности яичников во вторую и последующие лактации.

Материалы и методы. Объектом исследования служили 69 коров черно-пестрой породы в возрасте 2–4-й лактации, содержащиеся в экспериментальном хозяйстве «Клёново-Чегодаево», г. Москва. Молочная продуктивность исследуемых животных за первые 100 дней лактации составляла 2220 ± 48 кг. Рацион кормления был одинаковым у всех коров и соответствовал уровню продуктивности согласно зоотехническим нормам. В исследование были включены животные без видимых признаков послеродовых гинекологических заболеваний половой системы.

Для анализа биохимических показателей у коров брали кровь за 6, 4 и 2 недели до отела и через 1, 3, 7 и 13 недель после отела. Взятие крови из хвостовой вены проводили перед утренним кормлением с использованием вакуумных пробирок, содержащих клот-активатор («Jiangxi Hongda Medical Equipment Group Ltd.», Китай). После получения сыворотки образцы замораживали и хранили при -20°C .

Функциональное состояние яичников коров оценивали дважды, через 7 и 13 недель после отела, с помощью ректального исследования и УЗИ сканера CTS-800 («SIUI», Китай). Признаками овариальной гипофункции служили уменьшение яичников в размерах, отсутствие желтых тел и фолликулов более 8 мм (умеренная гипофункция) или 3–4 мм (глубокая гипофункция) на обоих яичниках [14]. Оценку лютеальной активности яичников проводили на основании данных по содержанию прогестерона в крови коров через 3, 7 и 13 недель после отела. Критерием наличия функционального желтого тела служила концентрация прогестерона, превышающая 1 нг/мл ($3,2$ нмоль/л) [16].

По результатам обследования коров поделили на 4 группы: I – животные, у которых лютеальная активность была диагностирована к 7-й неделе после отела ($n=29$); II – животные, у которых лютеальная активность была выявлена к 13-й неделе после отела ($n=16$), III – животные, у которых лютеальная активность не обнаружена в течение 13 недель после отела при отсутствии признаков ГФЯ ($n=12$), IV – животные с признаками умеренной или глубокой ГФЯ при отсутствии лютеальной активности в течение 13 недель после отела ($n=2$). Коровы с разными формами ГФЯ были объединены в одну группу вследствие небольшого числа таких особей.

Для определения биохимических показателей крови использовали автоматический биохимический анализатор ChemWell («Awareness Technology», США) и наборы реагентов компаний «Ap-

alyticon Biotechnology AG» (Германия) и «Spin-react» (Испания). Концентрацию прогестерона в сыворотке крови измеряли методом иммуноферментного анализа (ИФА) с помощью наборов реагентов ООО «Хема» (Россия). Измерение оптической плотности в пробах проводили на планшетном спектрофотометре Униплан («Пикон», Россия) при длине волны 450 нм. Анализы выполняли в двух технических повторностях, чувствительность метода ИФА для прогестерона составляла 0,25 нмоль/л при коэффициенте вариации не более 14 %.

Статистическую обработку полученных данных выполняли методом однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями, где внутригрупповым фактором служило время относительно отела. Для анализа использовали компьютерную программу SigmaStat 4.0 («Systat Software, Inc.», США). Полученные результаты выражали как средние значения $\pm$ стандартные ошибки. Оценку статистической значимости различий между средними значениями проводили с помощью критерия Тьюки.

Результаты и обсуждение. Молочная продуктивность за первые 100 дней лактации была сходной в разных группах и составляла 2163 ± 56 кг (I), 2321 ± 111 кг (II), 2175 ± 75 кг (III) и 2277 ± 188 кг (IV).

Динамика изменения большинства анализируемых показателей функционального состояния печени различалась в сравниваемых группах.

Содержание альбуминов в крови коров возрастало в 1,1 раза ($p < 0,05$) между 1-й и 7-й неделями лактации в I группе и между 3-й и 13-й неделями во II группе (рис. 1А). В остальных группах такого возрастания отмечено не было. В IV группе концентрация альбуминов была в 1,1–1,2 раза ниже ($p < 0,001–0,05$), чем в I группе на протяжении всего периода наблюдений. С 3-й по 13-ю неделю лактации этот показатель также был в 1,1 раза меньше у животных во II и III группах, по сравнению с I группой ($p < 0,01–0,05$).

У коров I, II и IV групп содержание глобулинов в крови уменьшалось в 1,2–1,3 раза ($p < 0,001–0,05$) между 6-й и 2-й неделями до отела, но только в I и II группах оно затем повышалось в 1,2 раза ($p < 0,05$) к 3–7-й неделям лактации (рис. 1Б). Кроме того, в IV группе концентрация глобулинов в крови коров была в 1,2–1,3 раза выше ($p < 0,01–0,05$), чем в I группе в течение исследуемого периода (за исключением 7-й недели лактации). У особей II группы (за 6 недель до отела) и III группы (через 1 неделю после отела) также был выявлен повышенный в 1,1–1,2 раза, по сравнению с I группой, уровень глобулинов ($p < 0,01–0,05$).

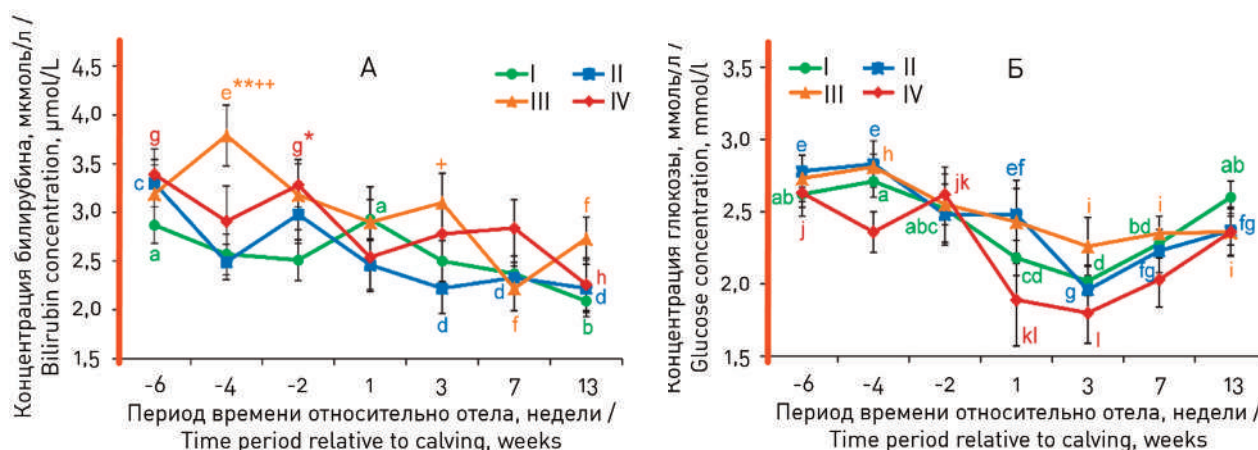


Рис. 2. Концентрация билирубина (А) и глюкозы (Б) в сухостойный период и первый триместр лактации в крови коров 2-4 отела с разной активностью яичников. Средние значения для одной группы, помеченные индексами без общих букв, достоверно различаются ($p < 0,05$ — $p < 0,001$). Значимые различия между группами: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (по сравнению с I группой); + $p < 0,05$; ++ $p < 0,01$ (по сравнению со II группой).

Fig. 2. Concentration of bilirubin (A) and glucose (B) during the dry period and the first trimester of lactation in the blood of cows of parity 2-4 with different ovarian activity. The average values for one group, marked with indices without common letters, differ significantly ($p < 0,05$ — $p < 0,001$). Significant differences between groups: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (compared to group 1); + $p < 0,05$; ++ $p < 0,01$ (compared to group 2).

Концентрация билирубина в крови коров всех четырех групп постепенно снижалась (в 1,4—1,7 раза, $p < 0,01$ — $0,05$) в послеродовой период по сравнению с таковым в сухостойный период (рис. 2А). Тем не менее этот показатель был выше, чем в I группе, за 4 недели до отела — у животных III группы (в 1,5 раза, $p < 0,01$) и за 2 недели до отела — у животных IV группы (в 1,3 раза, $p < 0,05$).

Концентрация глюкозы снижалась в крови животных I группы в 1,2 раза ($p < 0,01$) между 4-й неделей до отела и 1-й неделей лактации, а затем повышалась ($p < 0,01$) до предотельного значения к 13-й неделе (рис. 2Б). У остальных особей сходное уменьшение уровня глюкозы в 1,2—1,5 раза ($p < 0,05$ — $0,01$) происходило через 1 неделю лактации (IV группа) или через 3 недели (II и III группы), но его последующий рост не был значительным вплоть до 13-й недели.

В сухостойный период активность в крови аспартатаминотрансферазы (АСТ) у коров во всех группах была стабильной, повышаясь в 1,2—1,4 раза ($p < 0,001$ — $0,05$) через 1 неделю после отела (рис. 3А). В то же время только у животных I группы обнаружено ее снижение в 1,2 раза ($p < 0,01$) через 7 недель лактации, по сравнению с таковой через 3 недели. При этом активность АСТ в I группе была ниже, чем таковая во II группе через 7 недель лактации (в 1,2 раза, $p < 0,01$) и в III группе через 7 и 13 недель (в 1,2—1,3 раза, $p < 0,01$).

У коров I группы активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) снижалась в 1,2 раза ($p < 0,01$) между 4-й неделей до отела и 1-й неделей после отела, а затем повышалась в 1,3 раза ($p < 0,01$) к 7-й неделе лактации и продолжала

расти ($p < 0,01$) до 13-й недели (рис. 3Б). В других трех группах эта активность оставалась постоянной до 3-й недели после отела, после чего она возрастала в 1,3—1,5 раза ($p < 0,001$ — $0,01$) к 7-й и 13-й неделе во II и III группах, соответственно, но не изменялась в IV группе. За 6 недель до отела этот показатель был выше в I группе, чем III группе (в 1,2 раза, $p < 0,05$), а через 13 недель лактации — чем во II и IV группах (в 1,2—1,3 раза, $p < 0,05$).

Соотношение АСТ/АЛТ у коров I группы повышалось в 1,5 раза ($p < 0,001$) между 2-й неделей до отела и 1-й неделей лактации, уменьшалось до исходного уровня к 7-й неделе и затем продолжало снижаться (в 1,9 раза, $p < 0,001$) вплоть до 13-й недели (рис. 3В). В остальных группах данный показатель также возрастал в 1,3—1,5 раза ($p < 0,05$ — $p < 0,001$) через 1 неделю после отела, по сравнению с таковым до отела. У коров во II и III группах соотношение АСТ/АЛТ снижалось в 1,4—1,5 раза ($p < 0,01$) к 7-й неделе лактации и далее не изменялось. В IV группе менее значимое уменьшение этого соотношения (в 1,3 раза, $p < 0,05$) наблюдали только через 13 недель. Кроме того, это соотношение в I группе за 2 недели до отела было в 1,2—1,4 раза ниже ($p < 0,01$ — $0,05$), чем во II и III группах, через 7 недель лактации — в 1,3 раза ниже ($p < 0,05$), чем в IV группе, и через 13 недель лактации — в 1,3—1,4 раза ниже ($p < 0,01$ — $0,05$), чем во II и IV группах.

Концентрация фосфолипидов в крови коров I группы была сходной между 6-й неделей до отела и 3-й неделей после отела, а затем возрастала в 1,3 раза ($p < 0,05$) к 13-й неделе (рис. 4А).

Напротив, этот показатель липидного обмена снижался в 1,4 раза ($p<0,05$) между 4-й неделей до отела и 7-й неделей лактации у животных III группы и не изменялся во II и IV группах. Как следствие, через 13 недель после отела у коров I группы содержание фосфолипидов в крови было в 1,2–1,4 раза выше ($p<0,01–0,05$), чем у животных остальных трех групп.

Уровень триглицеридов у коров во всех группах был постоянным с 6-й недели до отела и до 3-й недели после отела (рис. 4Б). Этот показатель повышался 1,1–1,3 раза ($p<0,05$) в I и III группах — между 3-й и 7-й неделями лактации, а во II и IV группах — между 7-й и 13-й неделями. Кроме того, концентрация триглицеридов у животных I группы была в 1,2–1,3 раза выше ($p<0,01–0,05$), чем у животных трех других групп в разные временные периоды с 4-й недели до отела по 7-ю неделю после отела.

Обнаруженные нами различия в уровнях ряда биохимических показателей крови (альбумины, триглицериды, глюкоза, АСТ) или в динамике их изменения у черно-пестрых коров с разной скоростью восстановления послеродовой овариальной активности были в целом сходны с такими различиями у голштинских коров с ранним и поздним возобновлением эстральных циклов [10, 11]. В то же время отличия в состоянии обмена веществ, выявленные в текущем исследовании между животными с ГФЯ и животными с половым циклом, были более выражены, чем между последними и особями с задержкой возобновления лютеальной активности (но без ГФЯ). При этом метаболические изменения, связанные с овариальной гипопункцией у коров черно-пестрой породы, по некоторым показателям отличались от таковых, наблюдаемых у нетелей и первотелок этой же породы, что указывает на влияние предшествующей лактации на функциональное состояние печени. Так, в предотельный период у нетелей с ГФЯ не было обнаружено снижения содержания альбуминов и триглицеридов и повышения содержания билирубина в крови, тогда как у коров с этим овариальным нарушением, в отличие от нетелей, не происходило увеличения активности АЛТ и АСТ [15]. В свою очередь, в послеотельный период у коров с ГФЯ не зафиксировано возрастания концентрации билирубина в крови, которое было выявлено у первотелок [14, 15].

Полученные данные показали, что у коров 2–4 отела с гипопункцией яичников с начала сухостойного периода и до конца первого триместра лактации наблюдалось пониженное содержание альбуминов в крови, характерное для системного воспаления, протекающего с разной интенсивностью и продолжительностью в организме боль-

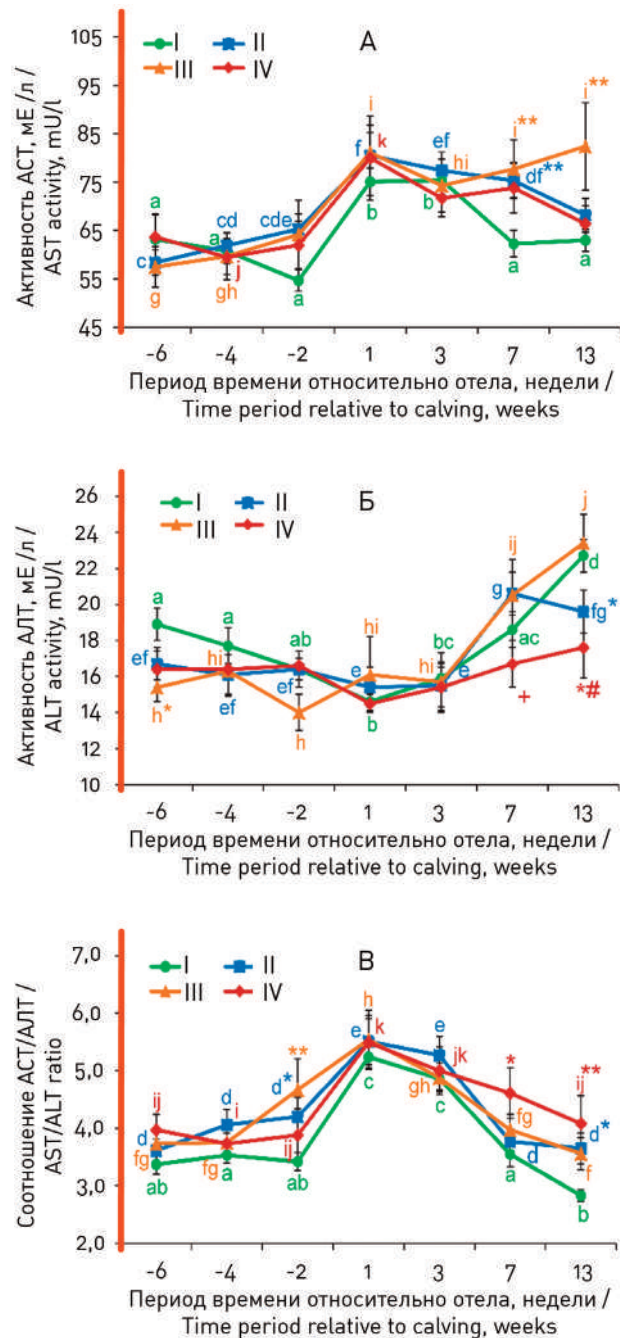


Рис. 3. Активность аспартатаминотрансферазы (А), аланинаминотрансферазы (Б) и их соотношение (В) в сухостойный период и первый триместр лактации в крови коров 2–4 отела с разной активностью яичников. Средние значения для одной группы, помеченные индексами без общих букв, достоверно различаются ($p<0,05–p<0,001$). Значимые различия между группами: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$ (по сравнению с I группой); * $p<0,05$; ** $p<0,01$ (по сравнению со II группой); # $p<0,05$; ## $p<0,01$ (по сравнению с III группой).

Fig. 3. The activity of aspartate aminotransferase (A), alanine aminotransferase (B) and their ratio (C) during the dry period and the first trimester of lactation in the blood of cows of 2–4 calvings with different ovarian activity. The average values for one group, marked with indices without common letters, differ significantly ($p<0,05–p<0,001$). Significant differences between groups: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$ (compared to group 1); * $p<0,05$; ** $p<0,01$ (compared to group 2); # $p<0,05$; ## $p<0,01$ (compared to group 3).

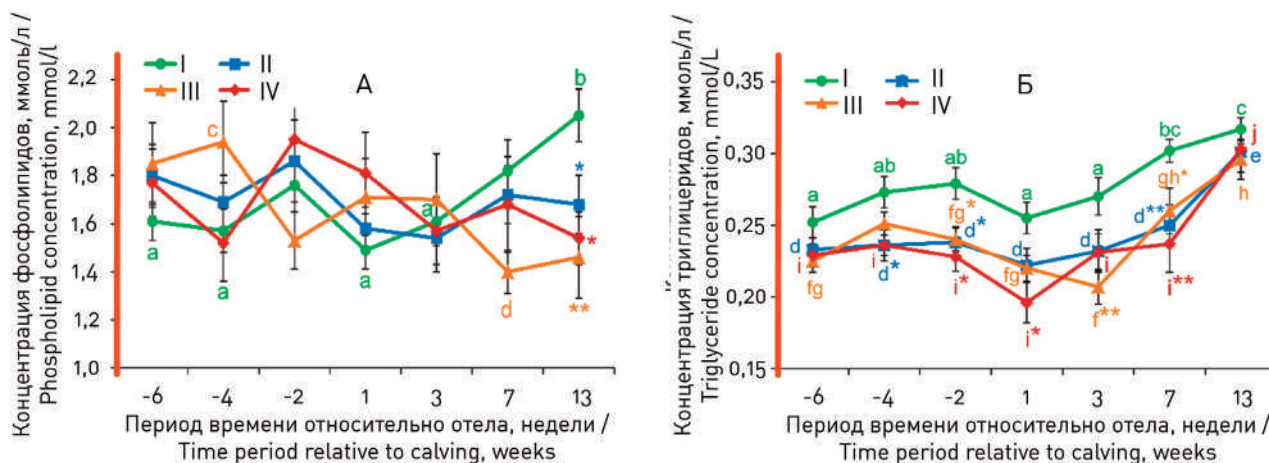


Рис. 4. Концентрация фосфолипидов (А) и триглицеридов (Б) в сухостойный период и первый триместр лактации в крови коров 2-4 отела с разной активностью яичников. Средние значения для одной группы, помеченные индексами без общих букв, достоверно различаются ($p < 0,05$ — $p < 0,001$). Значимые различия между группами: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (по сравнению с I группой).

Fig. 4. Concentration of phospholipids (A) and triglycerides (B) in the dry period and the first trimester of lactation in the blood of cows of 2-4 calvings with different ovarian activity. The average values for one group, marked with indices without common letters, differ significantly ($p < 0,05$ — $p < 0,001$). Significant differences between groups: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (compared to group 1).

шинства коров после отела [13, 17]. Наличие такого снижения в сухостойный период свидетельствует о возникновении этого воспалительного состояния вследствие предыдущего отела, которое продолжалось, вероятно, в субклинической форме весь прошлый репродуктивный цикл. В то же время у особей с задержкой лютеальной активации яичников (группы II и III) низкие уровни альбуминов были обнаружены только во время первого триместра лактации, что указывает на появление системного воспаления у этих животных уже после последнего отела. Другим индикатором воспалительного состояния организма коров служит концентрация билирубина в крови [13], которая была повышена в сухостойный период не только в IV, но и в III группе. Это позволяет предположить, что системное воспаление длительно протекало с низкой интенсивностью и у животных III группы, приводя к устойчивому анэструсу, но без ГФЯ.

Следует отметить повышенное содержание глобулинов в крови коров с ГФЯ в течение всего периода исследований. Напротив, в околородовой период, когда метаболическая нагрузка на печень максимальна, этот биохимический показатель снижался почти у всех животных, включая особей с ГФЯ, что, очевидно, происходило за счет снижения белок-синтезирующей функции печени. Следовательно, более высокий уровень глобулинов у коров с признаками ГФЯ достигался благодаря повышенному ответу иммунной системы на воспалительные процессы.

Еще одним выраженным изменением в обмене веществ в сухостойный и послеотельный перио-

ды у коров с расстройством овариальной функции (группы II, III и IV) было пониженное содержание триглицеридов в крови, которое, по-видимому, было вызвано интенсивной аккумуляцией триглицеридов печенью, приводящей к жировому гепатозу [18]. Такая аккумуляция в предотельный период могла возникать вследствие метаболического напряжения при переходе от стельности к лактации, приводящего к нарушению функции печени [11]. Как известно, триглицериды попадают в кровь в составе липопротеинов очень низкой плотности, в образовании которых участвуют фосфолипиды [18]. Поэтому пониженная концентрация фосфолипидов в конце первого триместра лактации в крови коров всех трех групп с низкой овариальной активностью могла служить фактором, усиливающим накопление триглицеридов в печени.

Концентрация глюкозы в крови, служащая индикатором энергетического статуса коров в транзитный период [6], снижалась через 1-3 недели после отела у большинства коров, указывая на наличие ОЭБ у особей во всех сравниваемых группах. Данные по динамике активности АЛТ в транзитный период показывают, что при более раннем возобновлении лютеальной активности яичников (к 7-й неделе лактации) через 1 неделю после отела происходило кратковременное снижение интенсивности работы глюкозо-аланинового цикла, сопряженного с глюконеогенезом, с последующим постепенным ее повышением после 3-й недели вплоть до конца первого триместра лактации. Это могло быть обусловлено необходимостью использования глюконеогенных амино-

кислот в цикле Кребса в период наибольшего дефицита энергетических ресурсов. В то же время при задержке активации яичников и при их гипофункции такого снижения не происходило, т.е. этот механизм адаптации к ОЭБ не был задействован, что могло служить одной из причин овариальных нарушений. Сходные результаты были получены нами ранее у коров-первотелок при исследовании активности АЛТ в зависимости от продолжительности послеродового бесплодия [19]. Необходимо также подчеркнуть, что изменение соотношения АСТ/АЛТ свидетельствует о более резком сдвиге обменных процессов в сторону катаболизма и обратно при переходе от стельности к лактации у коров с более ранним возобновлением лютеальной активности,

т.е. о более быстром восстановлении у них энергетического баланса, по сравнению с животными с длительным анаэструсом.

Заключение. Результаты настоящего исследования показывают, что у коров черно-пестрой породы 2—4 отелов с задержкой активации яичников или овариальной гипофункцией происходила более поздняя метаболическая адаптация организма к энергетическому дефициту в транзитный период по сравнению с животными без этих нарушений. Кроме того, у таких коров в сухостойный и послеотельный периоды наблюдались изменения биохимических показателей крови, связанные со снижением функциональности печени и характерные для жирового гепатоза и системного воспаления.

Работа выполнена по государственному заданию (тема FGGN-2024-0014).

Литература

1. Ealy A. D. Symposium review: Predicting pregnancy loss in dairy cattle / A. D. Ealy, Z.K. Seekford // J. Dairy Sci. — 2019. — V. 102. — № 12. — P. 11798–11804. doi: 10.3168/jds.2019-17176.
2. Wiltbank M. C. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle / M. C. Wiltbank et al. // Theriogenology. — 2002. — V. 57. — № 1. — P. 21–52. doi: 10.1016/S0093-691X(01)00656-2.
3. Santos J. E. Mechanisms underlying reduced fertility in anovular dairy cows / J. E. Santos, R. S. Bisinotto, E. S. Ribeiro // Theriogenology. — 2016. — V. 86. — № 1. — P. 254–262. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.038.
4. Walsh R. B. Prevalence and risk factors for postpartum anovulatory condition in dairy cows / R. B. Walsh, D. F. Kelton, T. F. Duffield et al. // J. Dairy Sci. — 2007. — V. 90. — № 1. — P. 315–324. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(07)72632-2.
5. Седлецкая Е. С. Частота распространения и клиникоэхографическая диагностика гипофункции и кист яичников у 109 высокопродуктивных коров / Е. С. Седлецкая, Г. П. Дюльгер // Российский ветеринарный журнал. — 2012. — № 3. — С. 8–10.
6. Roche J. R. Fertility and the transition dairy cow / J. R. Roche, C. R. Burke, M. A. Crookenden et al. // Reprod. Fertil. Dev. — 2018. — V. 30. — № 1. — P. 85–100. doi: 10.1071/RD17412.
7. Ribeiro E. S. Carryover effect of postpartum inflammatory diseases on developmental biology and fertility in lactating dairy cows / E. S. Ribeiro, G. Gomes, L. F. Greco et al. // J. Dairy Sci. — 2016. — V. 99. — № 3. — P. 2201–2220. doi: 10.3168/jds.2015-10337.
8. Banuelos S. Transition cow metabolites and physical traits influence days to first postpartum ovulation in dairy cows / S. Banuelos, J. S. Stevenson // Theriogenology. — 2021. — V. 173. — P. 133–143. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.08.002.
9. Stevenson J. S. Transition dairy cow health is associated with first postpartum ovulation risk, metabolic status, milk production, rumination, and physical activity / J. S. Stevenson, S. Banuelos, L. G. D. Mendonza // J. Dairy Sci. — 2020. — V. 103. — № 10. — P. 9573–9586. doi: 10.3168/jds.2020-18636.
10. Montagner P. Reduction of liver function delays resumption of postpartum ovarian activity and alters the synthesis of acute phase proteins in dairy cows / P. Montagner, A. R. Krause, E. Schwegler et al. // Res. Vet. Sci. — 2016. — V. 106. — P. 84–88. doi: 10.1016/j.rvsc.2016.02.015.
11. Kawashima C. Influence of hepatic load from far-off dry period to early postpartum period on the first postpartum ovulation and accompanying subsequent fertility in dairy cows / C. Kawashima, N. Ito, S. Nagashima et al. // J. Reprod. Dev. — 2016. — V. 62. — № 3. — P. 289–295. doi: 10.1262/jrd.2015-141.
12. Tanaka H. Liver condition affects bovine oocyte qualities by changing the characteristics of follicular fluid and plasma / H. Tanaka, K. Shibano, Y. Monji et al. // Reprod. Domest. Anim. — 2013. — V. 48. — № 4. — P. 619–626. doi: 10.1111/rda.12135.
13. 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 // Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract. — 2013. — V. 29. — № 2. — P. 413–431. doi: 10.1016/j.cvfa.2013.04.004.
14. Соломахин А. А. Показатели работы печени в послеотельный период у коров с депрессией ову-

- риальной функции в первую и последующие лактации / А. А. Соломахин, А. А. Смекалова, И. Ю. Лебедева // Зоотехния. – 2020. – № 12. – С. 20–25. doi: 10.25708/ZT.2020.83.72.006.
15. Лебедева И. Ю. Метаболический статус коров в предотельный и послеотельный периоды в связи с функциональным состоянием яичников в первую лактацию / И. Ю. Лебедева, А. А. Соломахин // Молочное и мясное скотоводство. – 2021. – № 1. – С. 41–46. doi: 10.33943/MMS.2021.71.67.008.
16. Shrestha H. K. Effects of abnormal ovarian cycles during pre-service period postpartum on subsequent reproductive performance of high-producing Holstein cows / H. K. Shrestha et al. // Theriogenology. – 2004. – V. 61. – № 7-8. – P. 1559–1571. doi: 10.1016/j.theriogenology.2003.09.007.
17. Pascottini O. B. Maladaptation to the transition period and consequences on fertility of dairy cows / O. B. Pascottini, J. L. Leroy, G. Opsomer // Reprod. Domest. Anim. – 2022. – V. 57. – Suppl. 4. – P. 21–32. doi: 10.1111/rda.14176.
18. Wathes D. C. Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow / D. C. Wathes, A. M. Clempson, G. E. Pollott // Reprod. Fertil. Dev. – 2012. – V. 25. – № 1. – P. 48–61. doi: 10.1071/RD12272.
19. Соломахин А. А. Динамика изменения показателей белково-углеводного обмена в первый триместр лактации у коров черно-пестрой породы в связи репродуктивным потенциалом / А. А. Соломахин, О. С. Митяшова, Р. А. Рыков и др. // Генетика и разведение животных. – 2019. – № 4. – С. 20–25. doi: 10.31043/2410-2733-2019-4-20-25.

Lebedeva I.¹, Mityashova O.¹

Biochemical indices of the functional state of the liver during the dry period and the first trimester of lactation in Black-and-White cows with different postpartum ovarian activities

¹ L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry

Abstract.

Objective: to study the biochemical indices of the functional state of the liver during the dry and postpartum periods in Black-and-White cows in relation to the dynamics of ovarian luteal activity resumption.

Materials and methods. The study included 69 cows in their second to fourth lactation periods, from which blood samples were taken 6, 4, and 2 weeks before calving and 1, 3, 7, and 13 weeks after calving. The functional state of the ovaries was assessed 7 and 13 weeks after calving using rectal and ultrasound examinations. The ovarian luteal activity was assessed based on the blood progesterone levels. The cows were divided into 4 groups: I – luteal activity was diagnosed by the 7th week postpartum (n=29); II – luteal activity was detected by the 13th week postpartum (n=16), III – luteal activity was not detected within 13 weeks after calving in the absence of signs of ovarian hypofunction (n=12), IV – the presence of signs of moderate or severe ovarian hypofunction (n=12).

Results. Throughout the observation period, albumin concentrations in the blood of cows in Group IV were 1,1–1,2 times lower ($p<0,001-0,05$), and globulin concentrations were 1,2–1,3 times higher ($p<0,01-0,05$) than in Group I. Furthermore, compared with Group I, the albumin level was 1,1 times lower ($p<0,01-0,05$) in animals in Groups II and III from the 3rd to the 13th week of lactation, while the globulin level was 1,1–1,2 times higher ($p<0,01-0,05$) in individuals of Group II (6 weeks before calving) and Group III (1 week after calving). The concentration of bilirubin in the blood of cows was higher than in Group I, 4 weeks before calving – in animals of Group III (1,5 times, $p<0,01$) and 2 weeks before calving – in animals of Group IV (1,3 times, $p<0,05$). Aspartate aminotransferase activity was 1,2–1,3 times lower ($p<0,01$) in Group I than in Group II after 7 weeks of lactation and in Group III after 7 and 13 weeks. The activity of alanine aminotransferase in Group I was 1,2–1,3 times higher ($p<0,05$) than in Group III (6 weeks before calving) and in Groups II and IV (after 13 weeks of lactation). Triglyceride concentrations in Group I animals were 1,2–1,3 times higher ($p<0,01-0,05$) than in animals of the other three groups at different time periods from the 4th week before calving to the 7th week after calving.

Key words: Black-and-White cows; dry period; first trimester of lactation; metabolism; postpartum ovarian activity.

References

1. Ealy A. D. Symposium review: Predicting pregnancy loss in dairy cattle / A. D. Ealy, Z. K. Seekford // *Journal of Dairy Science* – 2019. – V. 102. – № 12. – P. 11798–11804. doi: 10.3168/jds.2019-17176.
2. Wiltbank M. C. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle / M. C. Wiltbank, A. Gümen, R. Sartori // *Theriogenology*. – 2002. – V. 57. – № 1. – P. 21–52. doi: 10.1016/s0093-691x(01)00656-2.
3. Santos J. E. Mechanisms underlying reduced fertility in anovular dairy cows / J. E. Santos, R. S. Bisinotto, E. S. Ribeiro // *Theriogenology*. – 2016. – V. 86. – № 1. – P. 254–262. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.038.
4. Walsh R. B. Prevalence and risk factors for postpartum anovulatory condition in dairy cows / R. B. Walsh, D. F. Kelton, T. F. Duffield, K. E. Leslie, J. S. Walton, S. J. LeBlanc // *Journal of Dairy Science*. – 2007. – V. 90. – № 1. – P. 315–324. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(07)72632-2.
5. Sedletskaia E. C. Occurrence and ultrasonic identification of hypoactive ovaries and cystic ovarian diseases in a high 2012. – № 3. – P. 8–10.
6. Roche J. R. Fertility and the transition dairy cow / J. R. Roche, C. R. Burke, M. A. Crookenden, A. Heiser, J. L. Loores et al. // *Reprod. Fert. Dev.* – 2018. – V. 30. – № 1. – P. 85–100. doi: 10.1071/RD17412.
7. Ribeiro E. S. Carryover effect of postpartum inflammatory diseases on developmental biology and fertility in lactating dairy cows / E. S. Ribeiro, G. Gomes, L. F. Greco, R. L. A. Cerri, A. Vieira-Neto, P. L. J. Monteiro Jr, F. S. Lima et al. // *J. Dairy Sci.* – 2016. – V. 99. – № 3. – P. 2201–2220. doi: 10.3168/jds.2015-10337.
8. Banuelos S. Transition cow metabolites and physical traits influence days to first postpartum ovulation in dairy cows / S. Banuelos, J. S. Stevenson // *Theriogenology*. – 2021. – V. 173. – P. 133–143. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.08.002.
9. Stevenson J. S. Transition dairy cow health is associated with first postpartum ovulation risk, metabolic status, milk production, rumination, and physical activity / J. S. Stevenson, S. Banuelos, L. G. D. Mendonça // *J. Dairy Sci.* – 2020. – V. 103. – № 10. – P. 9573–9586. doi: 10.3168/jds.2020-18636.
10. Montagner P. Reduction of liver function delays resumption of postpartum ovarian activity and alters the synthesis of acute phase proteins in dairy cows / P. Montagner, A. R. Krause, E. Schwegler et al. // *Res. Vet. Sci.* – 2016. – V. 106. – P. 84–88. doi: 10.1016/j.rvsc.2016.02.015.
11. Kawashima C. Influence of hepatic load from far-off dry period to early postpartum period on the first postpartum ovulation and accompanying subsequent fertility in dairy cows / C. Kawashima, N. Ito, S. Nagashima et al. // *J. Reprod. Dev.* – 2016. – V. 62. – № 3. – P. 289–295. doi: 10.1262/jrd.2015-141.
12. Tanaka H. Liver condition affects bovine oocyte qualities by changing the characteristics of follicular fluid and plasma / H. Tanaka, K. Shibano, Y. Monji et al. // *Reprod. Domest. Anim.* – 2013. – V. 48. – № 4. – P. 619–626. doi: 10.1111/rda.12135.
13. 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 // *Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract.* – 2013. – V. 29. – № 2. – P. 413–431. doi: 10.1016/j.cvfa.2013.04.004.
14. Solomakhin A. A. Indicators of liver functioning in the postpartum period in cows with depression of the ovarian function during the first and subsequent lactations / A. A. Solomakhin, A. A. Smekalova, I. Yu. Lebedeva // *Zootekhnika*. – 2020. – № 12. – P. 20–25. doi: 10.25708/ZT.2020.83.72.006.
15. Lebedeva I. Yu. Metabolic status of cows during the prepartum and postpartum periods in relation to the ovarian functional state in the course of the first lactation / I. Yu. Lebedeva, A. A. Solomakhin // *Dairy and beef cattle breeding*. – 2021. – № 1. – P. 41–46. doi: 10.33943/MMS.2021.71.67.008
16. Shrestha H. K. Effects of abnormal ovarian cycles during pre-service period postpartum on subsequent reproductive performance of high-producing Holstein cows / H. K. Shrestha, T. Nakao, T. Suzuki et al. // *Theriogenology*. – 2004. – V. 61. – № 7-8. – P. 1559–1571. doi: 10.1016/j.theriogenology.2003.09.007.
17. Pascottini O. B. Maladaptation to the transition period and consequences on fertility of dairy cows / O. B. Pascottini, J. L. Leroy, G. Opsomer // *Reprod. Domest. Anim.* – 2022. – V. 57. – Suppl. 4. – P. 21–32. doi: 10.1111/rda.14176.
18. Wathes D. C. Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow / D. C. Wathes, A. M. Clempson, G. E. Pollott // *Reprod. Fert. Dev.* – 2012. – V. 25. – № 1. – P. 48–61. doi: 10.1071/RD12272.
19. Solomakhin A. A. Dynamics of changes in protein-carbohydrate metabolism indicators in the first trimester of lactation in black-and-white cows in connection with reproductive potential / A. A. Solomakhin, O. S. Mityashova, R. A. Rykov et al. // *Genetics and animal breeding*. – 2019. – № 4. – P. 20–25. doi: 10.31043/2410-2733-2019-4-20-25.

Сведения об авторах:

Лебедева Ирина Юрьевна — доктор биологических наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: irledv@mail.ru;

Митяшова Ольга Сергеевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская область, городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: mityashova_o@mail.ru.

Authors:

Lebedeva Irina Yuryevna — Dr Habil. (Biol. Sci.), Head of Laboratory; L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry; Dubrovitsy, 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132 Russia; e-mail: irledv@mail.ru.

Mityashova Olga Sergeevna — PhD (Biol. Sci.), Senior Researcher; L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry; Dubrovitsy, 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132 Russia; e-mail: mityashova_o@mail.ru.