

**А.М. Синёва, аспирант**

**А.В. Лысенко, аспирант**

**А.Г. Нежданов, доктор ветеринарных наук, профессор**

*Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии*  
РФ, 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, 114б

**В.А. Сафонов, доктор биологических наук**

*Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского РАН*  
РФ, 119991, г. Москва, ул. Косыгина, 19

**В.А. Лукина, аспирант**

**К.А. Лободин, доктор ветеринарных наук, доцент**

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I*  
РФ, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1

**Р.Ю. Панфилов, кандидат ветеринарных наук**

*ООО «Вербилковское»*

РФ, 398524, Липецкая обл., Липецкий район, с. Вербилково

E-mail: safrus2003@icloud.com

УДК 619:[612.1:618.5:618.11]:636.2.034

DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/59-63

## МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ КРОВИ МОЛОЧНЫХ КОРОВ В ДИНАМИКЕ ПОСЛЕРОДОВОГО ПЕРИОДА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И ДЕПРЕССИИ ОВУЛЯТОРНОЙ ФУНКЦИИ ЯИЧНИКОВ

*Снижение фертильности высокопродуктивных молочных коров, связанное с послеродовой овариальной депрессией, становится одной из значимых проблем современного молочного скотоводства. Цель данного исследования заключалась в выявлении и оценке состояния белкового, углеводного и липидного обменов у коров голштино-фризской породы в динамике послеродового периода при восстановлении и депрессии овуляторной функции яичников на фоне полноценного их кормления. В опыте находилось 16 новотельных коров со среднегодовой молочной продуктивностью 9,5 тыс. кг. Кровь для исследований получали из хвостовой вены на 6, 12, 19, 40 и 68 дни после отела. В сыворотке крови определяли содержание общего белка и его фракций, мочевины, креатинина, общих липидов, холестерина, триглицеридов и глюкозы. Состояние половых органов оценивали путем трансректальной пальпации и ультразвукового их сканирования, а также по концентрации в крови прогестерона и эстрадиола. Показано, что формирование послеродовой овариальной дисфункции у коров происходит на фоне пониженного содержания в крови глюкозы, глобулиновых фракций белка и повышенного содержания креатинина. Пороговое значение концентрации в сыворотке крови глюкозы в первые две недели после отела, при котором следует прогнозировать овариальную дисфункцию и снижение фертильности животных находится на уровне < 2,2 ммоль/л. Высказано суждение о целесообразности проведения дальнейших исследований по выявлению взаимосвязи состояния метаболического статуса животных с типологическими особенностями их высшей нервной деятельности.*

**Ключевые слова:** коровы, биохимический статус, послеродовая овариальная депрессия, дисфункция, содержание глюкозы, глобулиновых фракций, белка, креатинина, фертильность.

**A.M. Sineva, PhD Student**

**A.V. Lysenko, PhD Student**

**A.G. Nezhdanov, Grand PhD in Veterinary sciences, Professor**

*All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy*  
RF, 394087, g. Voronezh, ul. Lomonosova, 114b

**V.A. Safonov, Grand PhD in Biological sciences**

*V.I. Vernadskiy Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry*  
RF, 119991, g. Moskva, ul. Kosy'gina, 19

**V.A. Lukina, PhD Student**

**K.A. Lobodin, Grand PhD in Veterinary sciences**

*Emperor Peter the Great Voronezh State Agricultural University*  
RF, 394087, g. Voronezh, ul. Michurina, 1

**R.Yu. Panfilov, PhD in Veterinary sciences**

*"Verbilovskoe" Co Ltd.*

RF, 398524, Lipeckaya obl., Lipeckij rajon, s. Verbilovo

E-mail: safrus2003@icloud.com

## METABOLIC PROFILE OF DAIRY COWS BLOOD IN DYNAMICS OF PUERPERIUM DURING RESTORATION AND DEPRESSION OF OVULATORY OVARIAN FUNCTION

*The decrease in fertility of highly productive dairy cows associated with postpartum ovarian depression is becoming one of the significant problems of modern dairy cattle breeding. The aim of this study was to identify and assess the state of protein, carbohydrate and lipid metabolism in Holstein-Friesian cows in the dynamics of postpartum period with the restoration and depression of ovarian ovulatory function against the background of their adequate feeding. The experiment included 16 fresh cows with an average annual dairy productivity of 9.5 tsh kg. The blood for the study was obtained from the caudal vein on the 6th, 12th, 40th and 68th days after calving. Blood serum content of total protein and its fractions, urea, creatinine, total lipids, cholesterol, triglycerides and glucose was determined.*

The state of genitals was evaluated by transrectal palpation and ultrasound scanning, as well as by blood concentration of progesterone and estradiol. It has been shown that the formation of postpartum ovarian dysfunction in cows occurs against the background of low blood content of glucose, globulin protein fractions and increased creatinine content. The threshold serum concentration of glucose during the first two weeks after calving, at which ovarian dysfunction and a decrease in animal fertility should be predicted, is less than 2,2 mmol/L. There was expressed a judgment on the appropriateness of further researches to identify the relationship of the metabolic status of animals with the typological features of their higher nervous activity.

**Key words:** cows, biochemical status, postpartum ovarian depression, dysfunction, glucose content, globulin-rich fraction, protein, creatinine, fertility.

Снижение воспроизводительной способности и плодовитости высокопродуктивных молочных коров – одна из значимых проблем современного молочного скотоводства. [7, 12] Оно связано, как правило, с функциональными расстройствами яичников, развивающимися у коров после родов при становлении лактационной доминанты. Данная патология проявляется депрессией ово-фолликулогенеза, задержкой возобновления половой цикличности, удлинением межотельного интервала и регистрируется у 17...35% новотельных животных. [3, 4, 8, 11] Считается, что основная причина ее проявления заключается в неблагоприятных сдвигах метаболического, иммунного и эндокринного гомеостазов коров, вызываемых отрицательным энергетическим балансом, формирующимся в предродовой и ранней послеродовой периоды, не компенсируемый в полном объеме поедаемыми кормами. [2, 6, 7, 13] Его называют критическим этапом в метаболизме липидов и углеводов, направленном на обеспечение метаболических потребностей молочной железы. [10, 15] Организм высокопродуктивных лактирующих жвачных животных функционирует в особом режиме хронического напряжения обменных процессов и метаболических потребностей, необходимых для реализации генетического потенциала высокой молочной продуктивности. [1, 9]

Цель исследований – выявление изменений показателей состояния обмена белков, липидов и углеводов у новотельных высокопродуктивных коров в динамике послеродового периода при спонтанном восстановлении и депрессии овуляторной функции яичников на фоне полноценного их кормления.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований – коровы голштино-фризской породы со среднегодовой молочной продуктивностью 9,5 тыс. кг, принадлежащие ООО «Вербиловское» Липецкой области, в условиях полноценного по основным питательным веществам кормления. Рацион включал сено, сенаж, кукурузный силос, свекловичный жом, смесь концентрированных кормов и биологически активных добавок. Под наблюдением находилось 16 животных с физиологически протекающими родами и послеродовым периодом. На 6, 12, 19, 40 и 68-й день после отела в сыворотке венозной крови определяли содержание общего белка на рефрактометре R2-1 (Польша), его фракций методом электрофореза в агарозном геле, мочевины, креатинина и холестерина на биохимическом анализаторе «Hitachi-902» (Япония) с использованием реагентов фирмы «Randox» (Великобритания) и «Vital» (Россия), триглицеридов и глюкозы энзиматическим колориметрическим методом с использованием реагентов фирмы «Vital» и спектрометра КФК-3М (Юнико – СИС, Россия), общих липидов фотометрическим методом с фосфованилином используя реагенты «Total – Lipids – DAC. Lg» (Молдова). Ультразвуковое сканирование яич-

ников осуществляли аппаратом «Draminski iScan» (Польша). Полученные данные анализировали по группе коров с восстановленной овуляторной функцией яичников (n=8) и группе с депрессией (n=8). Математическая обработка цифровых данных проведена в соответствии с методами описательной статистики с применением прикладной программы «Statistica 8.0» (Statsoft Inc, USA). Результаты исследований выражали как среднее арифметическое и стандартное отклонение (M±SEM). Различия считали статистически значимыми при P<0,05, которые определяли с использованием парного W-критерия Вилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В первые дни лактации показатели содержания в сыворотке крови общего белка у всех коров находились на нижней границе референтных значений (табл. 1). К концу второй недели лактации его концентрация увеличилась на 9,7%, а по истечении 10 недель – на 19,4...21,3%. Выраженных различий между группами животных не выявлено.

Содержание в крови альбуминов и глобулинов у коров при восстановлении овариальной функции в течение шести недель лактации находилось на стабильном уровне. Через два месяца после отела коли-

**Таблица 1.**  
Содержание в сыворотке крови коров белков и конечных продуктов их обмена в динамике послеродового периода и лактации (M±SEM)

Показатель	День после отела				
	6	12	19	40	68
Белок общий, г/л	72,9±0,47 73,3±1,06	80,0±1,13 80,4±1,23	82,6±0,56 80,5±1,72	84,4±1,48 90,6±2,41	88,4±2,14 87,5±1,86
Альбумины, %	-	36,6±2,73 39,8±1,54	35,6±1,60 41,2±1,29	36,0±2,46 39,4±1,60	31,6±3,28 41,0±1,76
α-глобулины, %	-	12,0±0,58 11,0±0,83	11,6±0,55 10,9±0,97	12,3±0,56 11,2±0,68	13,8±0,49 11,8±0,49
β-глобулины, %	-	22,9±0,90 21,3±0,45	23,1±1,05 20,5±0,60	22,7±0,70 22,0±1,21	25,1±1,05 22,0±0,64
γ-глобулины, %	-	28,5±1,62 27,8±1,09	29,7±1,38 27,4±1,05	29,0±2,71 27,4±1,03	29,5±2,52 25,3±0,99
Белковый индекс, A/г	-	0,58 0,63	0,55 0,67	0,56 0,65	0,46 0,69
Мочевина, мм/л	4,07±0,49 3,89±0,21	4,49±0,31 5,10±0,21	4,78±0,52 4,82±0,23	5,50±0,55 5,65±0,33	5,46±0,41 5,84±0,15
Креатинин, мкМ/л	77,0±6,8 87,1±4,5	79,0±3,5 83,0±3,4	70,6±3,7 78,8±4,8	73,6±4,1 79,1±8,0	62,4±3,7 77,1±5,6

Примечание. Числитель – показатели коров с восстановленной овуляторной функцией яичников, знаменатель – с депрессией овуляторной функции яичников (то же в табл. 2).

чество альбуминов в крови снизилось на 13,7%, при увеличении  $\alpha$ -глобулинов на 15,0%,  $\beta$ -глобулинов на 9,6 и  $\gamma$ -глобулинов на 3,5%. Белковый индекс изменился от 0,58 до 0,46 (20,7%).

Для животных с депрессией овуляторной функции яичников характерно более высокое содержание в крови альбуминов: на 8,7...15,7% в первые шесть недель лактации и на 29,7% по истечении двух месяцев, и более низкое содержание  $\alpha$ -глобулинов – на 6,4...11,9%,  $\beta$ -глобулинов – на 3,2...14,1%,  $\gamma$ -глобулинов – на 2,5...16,6%, отражающих состояние их пониженной иммунологической реактивности. При этом белковый индекс у данных животных превосходил показатели коров первой группы через три недели на 21,8 и десять – на 50,0%. Исходя из этих данных можно заключить, что депрессии фолликулогенеза и овуляторной функции яичников у коров в послеродовой период сопутствует пониженная иммунокомпетентность их организма.

У коров с восстановленной овуляторной функцией яичников отмечено постепенное снижение содержания в крови конечного продукта обмена белков – креатинина. Его количество в период активного роста фолликулов (19 день) уменьшилось на 10,4%, а спустя 10 недель – на 20,6%. У коров с овариальной депрессией содержание данного метаболита в разные периоды исследований оказалось выше на 5,1...23,6%. Можно полагать, что повышенный уровень в крови креатинина, отражающий функциональное состояние печени, почек и эндогенного токсикоза, оказывает негативное влияние как на центральную ось регуляции функции яичников (на уровне гипоталамуса-гипофиза), так и непосредственно на тканевые структуры яичников.

В показателях содержания мочевины в крови коров разных групп выраженных различий не зарегистрировано. Они находились в пределах референтных значений. В послеродовой период концентрация мочевины в крови коров первой группы постепенно увеличилась на 34,2, второй – на 50,1%.

Как показали исследования, ранний период лактации у коров ассоциируется с пониженным содержанием в крови основных энергетических субстратов – липидов и глюкозы, обеспечивающих нормальный лактогенез и лактопоез, функционирование эндокринной системы и внутриклеточных сигнальных путей. Так, с началом лактации содержание в сыворотке крови коров общих липидов составило всего лишь 1,76±0,68...1,80±0,08 г/л и холестерина 1,60±0,01...1,57±0,21 мМ/л, что ниже референтных значений соответственно в 1,97...1,94 и 2,94...2,99 раз (табл. 2). Это отражает высокий уровень проявления лактационного стресса и реакций перекисного окисления. Низкие показатели содержания в крови холестерина в первую неделю лактации следует ассоциировать также с высокой активностью в окolorодовой период процессов его гидроксирования, направленных на синтез стероидных гормонов и родовую деятельность.

Нормативные показатели содержания в крови коров общих липидов и холестерина зарегистрированы только к 40-му дню послеродового периода, что может свидетельствовать о завершении адаптационных реакций новотельных животных на лактацию. Во время активного роста фолликулов, овуляции и формирования функционально активного желтого тела у коров первой группы, в сравнении с животными с депрессией овариальной функции,

**Таблица 2.**  
**Содержание в сыворотке крови коров липидов и глюкозы в динамике послеродового периода (M±SEM)**

Показатель	День после отела				
	6	12	19	40	68
Липиды общие, г/л	1,76±0,08 1,80±0,08	2,12±0,09 2,32±0,13	2,57±0,19 2,95±0,20	3,51±0,23 3,73±0,27	4,34±0,28 4,31±0,24
Холестерин, мМ/л	1,60±0,10 1,57±0,21	2,67±0,22 2,45±0,27	3,39±0,25 3,50±0,39	5,34±0,53 5,98±0,65	6,58±0,59 7,33±0,86
Триглицериды, мМ/л	0,13±0,02 0,14±0,01	0,13±0,02 0,12±0,02	0,13±0,01 0,15±0,02	0,15±0,02 0,15±0,01	0,14±0,02 0,13±0,02
Глюкоза, мМ/л	2,73±0,13 2,22±0,10	2,86±0,12 1,86±0,18	2,69±0,16 2,06±0,19	2,67±0,21 2,24±0,25	2,64±0,15 2,31±0,16
Индекс соотношения липидов и глюкозы	3,6 4,59	4,1 6,8	5,4 8,0	7,3 9,3	9,0 10,3

содержание в крови общих липидов было ниже на 6,3...14,8 и холестерина на 3,2...12,0%. Следовательно, восстановление овариальной цикличности у коров после родов происходит на фоне повышенного расхода липоидных соединений и активности окислительных процессов, направленных на увеличение биосинтеза стероидных гормонов. Это подтверждается тем, что уровень концентрации в их крови промежуточного продукта перекисного окисления липидов – малонового диальдегида в этот период был выше, чем у животных второй группы в 1,78...2 раза (1,57±0,23...1,59±0,19 мкМ/л против 0,88±0,11...0,78±0,07 мкМ/л), эстрадиола – 17 $\beta$  – в 1,77...1,33 раза (0,39±0,003...0,32±0,003 нМ/л против 0,22±0,02...0,24±0,02 нМ/л), прогестерона – в 9,0...27,4 раза (8,18±0,09...23,11±1,87 нМ/л против 0,91±0,02...0,84±0,01 нМ/л). Из этого вытекает логическое допущение, что организм коров в ранний лактационный период, сочетаемый с возобновлением овариальной и половой цикличности, функционирует в более активном и напряженном режиме окислительно-восстановительных процессов в сравнении с животными, у которых депрессия репродуктивной функции.

Изменения в содержании триглицеридов в большей степени коррелируют с лактацией, чем с состоянием репродуктивной функции. Низкий уровень их концентрации у всех животных в первые две – три недели лактации отражает повышенную их аккумуляцию печенью во время энергетического дисбаланса и повышенную потребность молочной железы в синтезе жира. [2] При выходе организма животных из энергетического дисбаланса их концентрация увеличивается на 15,4...25,0%.

Оценивая показатели содержания в крови коров глюкозы, как одного из метаболических субстратов в обеспечении энергетического баланса, можно констатировать, что у коров с восстановленной овуляторной функцией ее концентрация во все периоды исследований находилась в пределах референтных значений (см. табл. 2). Не исключено, что это связано с активными процессами печеночного глюконеогенеза и снижением активности ее использования в качестве энергетического материала из-за усиления катаболизма липидов. В это же время у коров с депрессией овуляторной функции яичников глюкозы в сыворотке крови во все периоды исследований было меньше нормативных показателей, и ниже чем у коров первой группы через 6 дней после отела на 18,7%,

12 – 35, 19 – 33,4, 40 – 16,1 и на 68-й – на 12,5%. При этом различия в первые три недели лактации были статистически достоверными ( $p < 0,05-0,001$ ). Пороговое значение концентрации в сыворотке крови глюкозы на 6 и 12-й дни после отела, при котором следует прогнозировать овариальную дисфункцию и снижение фертильности жвачных, находится на уровне ниже 2,2 ммоль/л. Точность прогноза составила 87,5%.

Следовательно, восполнение энергозатрат на лактацию у животных идет как за счет липидов, так и глюкозы – наиболее лабильного источника энергии. Соотношение показателей концентрации в крови общих липидов и глюкозы у коров с восстановленной овуляторной функцией яичников в течение послеродового периода находилось на уровне 3,6...9,0, а у животных с депрессией функции гонад 4,5...10,3. Если в первую неделю лактации и по истечении шести недель различия в индексе соотношения между группами – 25,0...27,4%, то в период достижения самого низкого уровня энергетического баланса (12-й день после отела) индекс соотношения данных метаболитов у коров второй группы превосходил аналогичный показатель коров первой группы на 65,8%, а на 19-й день послеродового периода – на 48,1%.

Анализируя полученные данные по состоянию обмена белков, углеводов и липидов у коров в ранний послеродовой период, можно заключить, что обеспечение их энергетическими ресурсами в транзитный период осуществляется путем активного включения в реакции окисления липоидных соединений, глюкозы и частично белков крови. Для коров с восстановленной овуляторной функцией яичников характерен более активный режим использования липидов и охранительный режим использования глюкозы. Кроме того, данные популяции животных обладают более высокой иммунокомпетентностью. Компенсаторный дефицит глюкозы и иммунологической реактивности у коров с овариальной депрессией сопровождается, по-видимому, определенным ингибированием гормонпродуцирующей функции систем гипоталамус-гипофиз-гонады (одна из причин депрессии фолликулогенеза и овуляции).

Следует согласиться с мнением А.Т.М. Van Kneysel et al [14], что обеспечивать сбалансированность рационов коров в ранний период лактации по глюкогенным и липогенным соединениям – одна из ключевых проблем в обмене веществ у высокопродуктивных животных. Вместе с этим, открытым остается вопрос, почему в равных условиях кормления и эксплуатации животных одной породы и равной продуктивности реализация их метаболических потребностей в становлении лактации и овуляции различается. Ранее мы показали [5], что состояние гормонально-метаболического, иммунного и репродуктивного статусов высокопродуктивных молочных коров во многом связано с типологическими особенностями поведения животных, определяемыми типами высшей нервной деятельности. Нельзя исключать и генетическую предрасположенность животных определенных линий к аномальному течению процессов фолликулогенеза в яичниках в ранний послеродовой период. Дальнейшие исследования в этих направлениях позволят подтвердить взаимосвязь метаболического статуса животных с функциональным состоянием центральной нервной системы и генетическим гомеостазом, а также предложить новые методы контроля их фертильности.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галочкина, В.П. Гипотеза о специфической взаимосвязи пероксисомальных, митохондриальных и цитоплазматических процессов в регуляции обмена веществ у высокопродуктивных жвачных / В.П. Галочкина, А.В. Агафонова, В.А. Галочкин // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – № 2 (53). – С. 223–234, DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.223rus.
2. Лебедева, И.Ю. Репродуктивный статус и биохимические показатели крови у голштинских коров с разной молочной продуктивностью в связи с обменом липидов в послеотельный период / И.Ю. Лебедева, В.Б. Лейбова, А.А. Соломахин, О.С. Митяшова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – № 6 (53). – С. 1180–1189, DOI:10.15389/agrobiology.2018.6.1180rus.
3. Нежданов, А.Г. Эффективность гормональной коррекции воспроизводительной способности коров при гипофункции яичников / А.Г. Нежданов, В.И. Михалев, В.Н. Скориков, А.О. Панфилова // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. – 2014. – № 3. – с. 124–127.
4. Племяшов, К.В. Гипофункция яичников как одна из причин нарушений функции воспроизводства у высокопродуктивных коров / К.В. Племяшов // *Материалы Всерос. съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов «Эффективные и безопасные лекарственные средства в ветеринарии» / ФГОУ ВПО СПбГАВМ: СПб., 2009. – С. 62–63.*
5. Смирнова, Е.В. Метаболический профиль беременных коров с разным типом этологической активности / Е.В. Смирнова, А.Г. Нежданов, М.И. Рецкий и др. // *Сельскохозяйственная биология*. – 2014. – № 2. – с. 67–71.
6. Butler, W.R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows / W.R. Butler // *Livestock Production Science*. – 2003. – Vol. 83, Issue. 2–3, p. 211–218, DOI: 10.1016/S0301-6226(03)00112-X.
7. Chagas, L.M. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows / L.M. Chagas, J.J. Bass, D. Blache et al. // *Journal of Dairy Sciences*. – 2007. – Vol. 90. – P. 4022–4032, DOI: 10.3168/jds.2006-852.
8. Gumen, A. Follicular size and response to ovsynch versus detection of estrus in Anovular and Ovarian Lactating Dairy Cows / A. Gumen, J.N. Guenther, M.C. Wiltbank // *Journal of Dairy Sciences*. – 2003. – Vol. 86. – № 10. – P. 3184–3194. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(03)73921-6.
9. Gutierrez, C.G. Selection on predicted breeding value for milk production delays ovulation independently of changes in follicular development, milk production and body weight / C.G. Gutierrez, J.G. Gong, T.A. Bramley, R. Webb // *Animal Reproduction Science*. – 2006. – Vol. 95. – P. 193–205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.09.015>.
10. Kessler, E.C., Cholesterol metabolism, transport, and hepatic regulation in dairy cows during transition and early lactation / E.C. Kessler, J.J. Gross, R.M. Bruckmaier, C. Albrecht // *Journal of Dairy Sciences*. – 2014. – Vol. 97. – № 9. – P. 5481–90. DOI: 10.3168/jds.2014-7926.
11. Opsomer, G. Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study / G. Opsomer, Y.T. Gröhn, J. Hertl, M. Coryn, H. Deluyker, A. de Kruif // *Theriogenology*. – 2000. – Vol. – 53. – P. 841–857. DOI:10.1016/S0093-691X(00)00234-X.
12. Roche, J.R. Fertility and the transition dairy cow / J.R. Roche, C.R. Burke, M.A. Crookenden et al. // *Reproduction Fertility and Development*. – 2017. – Vol. 30. – № 1. – P. 85–100. DOI: 10.1071/RD17412.

13. Santos, J.E.P. Mechanism underlying reduced fertility in anovular dairy cows / J.E.P. Santos, R.S. Bisinotto, E.S. Ribeiro // *Theriogenology*. – 2016. – Vol. 86. – № 1. – P. 254–262. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.038.
14. Van Knegsel, A.T., Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle/ A.T. Van Knegsel, H. van den Brand, J. Dijkstra, S. Tamminga, B. Kemp // *Reproduction Nutrition Development*. 2005. – Vol. 45. – № 6. – P. 665–88.
15. Wathes, D.C., Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow / D.C. Wathes, A.M. Clempson, G.E. Pollott // *Reproduction Fertility and Development*. – 2013. – № 25. – P. 48–61. <http://dx.doi.org/10.1071/RD12272>.
7. Chagas, L.M. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows / L.M. Chagas, J.J. Bass, D. Blache et al. // *Journal of Dairy Sciences*. – 2007. – Vol. 90. – P. 4022–4032, DOI: 10.3168/jds.2006-852.
8. Gumen, A. Follicular size and response to ovsynch versus detection of estrus in Anovular and Ovular Lactating Dairy Cows / A. Gumen, J.N. Guenther, M.C. Wiltbank // *Journal of Dairy Sciences*. – 2003. – Vol. 86. – № 10. – P. 3184–3194. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(03)73921-6.
9. Gutierrez, C.G Selection on predicted breeding value for milk production delays ovulation independently of changes in follicular development, milk production and body weight / C.G. Gutierrez, J.G. Gong, T.A. Bramley, R. Webb // *Animal Reproduction Science*. – 2006. – Vol. 95. – P. 193–205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.09.015>.
10. Kessler, E.C., Cholesterol metabolism, transport, and hepatic regulation in dairy cows during transition and early lactation/ E.C. Kessler, J.J. Gross, R.M. Bruckmaier, C. Albrecht // *Journal of Dairy Sciences*. – 2014. – Vol. 97. – № 9. – P. 5481–90. DOI: 10.3168/jds.2014-7926.
11. Opsomer, G. Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study/ G. Opsomer, Y.T. Gröhn, J. Hertl, M. Coryn, H. Deluyker, A. de Kruif // *Theriogenology*. – 2000. – Vol. – 53. – P. 841–857. DOI:10.1016/S0093-691X(00)00234-X.
12. Roche, J.R. Fertility and the transition dairy cow / J.R. Roche, C.R. Burke, M.A. Crookenden et al. // *Reproduction Fertility and Development*. – 2017. – Vol. 30. – № 1. – P. 85–100. DOI: 10.1071/RD17412.
13. Santos, J.E.P. Mechanism underlying reduced fertility in anovular dairy cows / J.E.P. Santos, R.S. Bisinotto, E.S. Ribeiro // *Theriogenology*. – 2016. – Vol. 86. – № 1. – P. 254–262. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.038.
14. Van Knegsel, A.T., Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle/ A.T. Van Knegsel, H. van den Brand, J. Dijkstra, S. Tamminga, B. Kemp // *Reproduction Nutrition Development*. 2005. – Vol. 45. – № 6. – P. 665–88.
15. Wathes, D.C., Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow / D.C. Wathes, A.M. Clempson, G.E. Pollott // *Reproduction Fertility and Development*. – 2013. – № 25. – P. 48–61. <http://dx.doi.org/10.1071/RD12272>.

**LIST OF SOURCE**

1. Galochkina, V.P. Gipoteza o specificheskoy vzaimosvyazi peroksisomal'ny'x, mitoxondrial'ny'x i citoplazmicheskix processov v regulyacii obmena veshhestv u vy'sokoproduktivny'x zhvachny'x / V.P. Galochkina, A.V. Agafonova, V.A. Galochkin // *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*. – 2018. – № 2 (53). – S. 223–234, DOI: 10.15389/agrobiolgy.2018.2.223rus.
2. Lebedeva, I.Yu. Reprodukivny'j status i bioximicheskie pokazateli krovi u golshtinskix korov s raznoj molochnoj produktivnost'yu v svyazi s obmenom lipidov v posleotel'ny'j period / I.Yu. Lebedeva, V.B. Lejbova, A.A. Solomaxin, O.S. Mityashova // *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*. – 2018. – № 6 (53). – 1180–1189, DOI:10.15389/agrobiolgy.2018.6.1180rus.
3. Nezhdanov, A.G. E'ffektivnost' gormonal'noj korrekcii vosproizvoditel'noj sposobnosti korov pri gifofunkcii yaichnikov / A.G. Nezhdanov, V.I. Mixalev, V.N. Skorikov, A.O. Panfilova // *Voprosy' normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. – 2014. – № 3. – s. 124–127.
4. Plemyashov, K.V. Gipofunkciya yaichnikov kak odna iz prichin narushenij funkcii vosproizvodstva u vy'sokoproduktivny'x korov/ K.V. Plemyashov // *Materialy' Vseros. s'ezda veterinarny'x farmakologov i toksikologov «E'ffektivny'e i bezopasny'e lekarstvenny'e sredstva v veterinarii» / FGOU VPO SPbGAVM: SPb., 2009. – S. 62–63.*
5. Smirnova, E.V. Metabolicheskij profil' beremenny'x korov s razny'm tipom e'tologicheskoy aktivnosti/ E.V. Smirnova, A.G. Nezhdanov, M.I. Reczkij i dr. // *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*. – 2014. – № 2. – s. 67–71.
6. Butler, W.R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy