

УДК 636.2:612.1

DOI 10.19110/1994-5655-2021-1-59-64

Я.А. ЖАРИКОВ

ОБЩИЙ ХОЛЕСТЕРИН СЫВОРОТКИ КРОВИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СТАТУС КОРОВ

*Институт агrobiотехнологий
и.м. А.В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

Zharikov.Yakov@yandex.ru

YA.A. ZHARIKOV

TOTAL SERUM CHOLESTEROL AND THE ENERGY STATUS OF COWS

*A.V.Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktyvkar*

Аннотация

Исследованы взаимосвязи общего холестерина с метаболитами сыворотки крови и продуктивностью коров. Установлена прямая корреляционная зависимость ($r=0,44$) общего холестерина с суточным удоем. Обсуждается динамика холестерина в связи с удоем, физиологическим состоянием, обеспечением энергетических потребностей организма коров за счёт активизации липидного или углеводного звеньев метаболизма.

Ключевые слова:

холестерин, коровы, сыворотка крови, удой, глюкоза, лактатдегидрогеназа, сопряженность, метаболизм

Abstract

The relationship of total cholesterol with serum metabolites and cow productivity was investigated. To do this, the database (213 samples) was divided into six groups. The first group included samples from cows with total cholesterol levels above seven mmol/l, the second one – from six to seven, the third one – from five to six, the fourth one – from four to five, the fifth one – less than four and the sixth one – from non-dairy cows. A direct correlation ($r = 0.44$) of total cholesterol with daily milk yield was established. The average daily milk yield of cows consistently decreased from group to group – 23,6 – 19,2 – 18,6 – 15,9 – 16,3 l. In contrast to cholesterol, the values of the average glucose level were distributed – 1,5 – 1,7 – 2,1 – 2,2 – 2,3 – 3,0 mmol/l ($r = -0.31$) and lactate dehydrogenase activity – 142,9 – 208,3 – 271,6 – 311,0 – 411,3 – 346,6 E/l ($r = -0.45$). The paper discusses the dynamics of cholesterol in relation to milk yield, physiological condition, and provision of energy needs of the cow's body by activating the lipid or carbohydrate components of metabolism.

Keywords:

cholesterol, cows, blood serum, milk yield, glucose, lactate dehydrogenase, conjugacy, metabolism

Введение

Определение общего холестерина в сыворотке крови, наряду с другими показателями гомеостаза, широко вошло в практику биохимических исследований. Холестерин или холестерол – важнейший компонент липидного обмена. Он используется для построения мембран клеток, в печени холестерин – предшественник желчи, холестерол участвует в синтезе половых гормонов, в синтезе витамина D [1].

Крупный рогатый скот питается растительной пищей, в которой холестерин не содержится, поэтому практически весь пул холестерина в крови

жвачных представлен холестерином эндогенного происхождения, а основное место его синтеза – печень [2].

Роль холестерина в физиологии и патологии является устоявшейся и общепринятой. В ряде работ показана связь холестерина с воспроизводством и молочной продуктивностью животных [3, 4]. В то же время не теряет своей актуальности проблема оценки энергетического статуса организма коров в связи с динамикой общего холестерина крови.

Цель исследований – определение характера метаболизма в связи с динамикой общего холестерина сыворотки крови коров.

Материал и методы

Объектом исследования являлись здоровые коровы разного возраста, продуктивности, стадии лактации и срока стельности, принадлежащие семи хозяйствам Республики Коми. Основу хозяйственных рационов составляли силос (сенаж), сено и комбикорм. Технология содержания – привязная, доение – в молокопровод. Кормление – из индивидуальных кормушек, сочные и грубые корма раздавали с помощью ленточного транспортёра (или мобильного раздатчика), все остальные корма – вручную. Величину продуктивности коров на момент забора крови принимали равной на ближайшее контрольное доение.

Материалом исследования служила кровь, которую брали в стойловые периоды с апреля 2010 г. по март 2013 г. пункцией с яремной вены в пробир-

ки с коагулянтном после утреннего доения. Всего было получено и исследовано 213 проб. Анализ сыворотки на содержание изучаемых показателей выполняли в лаборатории Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН методом фотометрии с помощью соответствующих наборов реагентов фирмы «ВиталДиагностикс СПб».

Всю базу данных разделили на шесть групп. В первые пять групп вошли пробы от лактирующих коров: в первую – с уровнем общего холестерина выше 7 ммоль/л, во вторую – от 6 до 7, третью – от 5 до 6, четвёртую – от 4 до 5, пятую – менее 4 ммоль/л. В шестую группу вошли пробы от всех сухостойных коров.

Обработку полученных данных выполнили, используя программный модуль «Анализ данных» в Microsoft Excel. Ошибки коэффициентов корреляции по Пирсону и оценки их достоверности посчитали по общепринятым формулам. Достоверность различий оценили при уровнях значимости P от $< 0,05$ до $< 0,001$.

Результаты и обсуждение

Если принять общее число изученных проб за 100%, то встречаемость гипохолестеринемии (уровень холестерина менее 4 ммоль/л) у коров составила 20,7%, нормохолестеринемии (от 4 до 7 ммоль/л) – 62,0%, гиперхолестеринемии (более 7 ммоль/л) – 17,3%.

Для оценки взаимосвязи холестерина с продуктивностью и показателями сыворотки крови ко-

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между холестерином, продуктивностью и биохимическими показателями сыворотки крови коров, $r \pm m$

Table 1

Correlation coefficients between cholesterol, productivity and biochemical parameters of blood serum in cows, $r \pm m$

| Показатели | Холестерин, ммоль/л |
|------------------------------|---------------------|
| Суточный удой, л | 0,441±0,062*** |
| Массовая доля жира молока, % | -0,132±0,068 |
| День лактации | 0,034±0,069 |
| Общий белок, г/л | 0,158±0,068* |
| Альбумины, г/л | 0,266±0,066*** |
| Глобулины, г/л | -0,035±0,069 |
| А/Г коэффициент | 0,186±0,068** |
| Мочевина, ммоль/л | 0,084±0,069 |
| Глюкоза, ммоль/л | -0,311±0,065*** |
| Кальций, мг% | 0,263±0,066*** |
| Фосфор, мг% | -0,002±0,069 |
| Магний, мг% | 0,056±0,069 |
| АсАТ, Е/л | -0,118±0,068 |
| АлАТ, Е/л | -0,071±0,069 |
| АсАТ/АлАТ | 0,112±0,068 |
| ЛДГ, Е/л | -0,445±0,062*** |

Примечание: отмечены (***) – коэффициенты корреляции с $P < 0,001$; (**) – с $P < 0,01$; (*) – с $P < 0,05$. Условные обозначения здесь и далее: А/Г – соотношение альбуминов и глобулинов, АсАТ – аспаратаминотрансфераза, АлАТ – аланинаминотрансфераза, АсАТ/АлАТ – коэффициент де Ритиса, ЛДГ – лактатдегидрогеназа.

Note: there are (***) – correlation coefficients with $P < 0,001$; (**) – with $P < 0,01$; (*) – with $P < 0,05$. Symbols here and further: А/Г – ratio of albumins and globulins, АсАТ – aspartate aminotransferase, АлАТ – alanine aminotransferase, АсАТ/АлАТ – de Ritis coefficient, ЛДГ – lactate dehydrogenase.

ров рассчитали соответствующие коэффициенты корреляции по Пирсону (табл. 1). Анализ данных показал наличие положительной корреляции холестерина с суточным удоём, и отрицательной – с лактатдегидрогеназой и глюкозой.

Средний суточный удоёй коров последовательно снижался от группы к группе при уменьшении уровня холестерина, за исключением коров с гипохолестеринемией из пятой группы – 23,6 – 19,2 – 18,6 – 15,9 – 16,3 л. Значения лактатдегидрогеназы были наименьшими у коров первой группы и заметно возрастали по мере снижения холестерина – 142,9 – 208,3 – 271,6 – 311,0 – 411,3 – 346,6 Е/л. У сухостойных коров лактатдегидрогеназа была ниже,

чем у коров пятой группы, но выше, чем у коров из четвёртой (табл. 2). Аналогично лактатдегидрогеназе, в противовес холестерину, распределились значения среднего уровня глюкозы в группах – 1,5 – 1,7 – 2,1 – 2,2 – 2,3 – 3,0 ммоль/л. Следует отметить, что уровень глюкозы во всех группах был низким, а в первых трёх находился за пределами нижней границы физиологической нормы. Таким образом, в результате анализа полученных данных выявлены интересные взаимосвязанные с холестерином колебания метаболитов: увеличение концентрации холестерина в сыворотке протекало взаимосвязано с увеличением удоёя и снижением активности лактатдегидрогеназы и уровня глюкозы.

Таблица 2

Средние биохимические показатели сыворотки крови и продуктивности коров при разном уровне холестерина, М±m

Table 2

Average biochemical parameters of productivity and blood serum of cows at different cholesterol levels, M±m

| Показатели | Группы по холестерину | | | | | |
|------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | I (n=37) | II (n=41) | III (n=45) | IV (n=46) | V (n=31) | VI (n=13) |
| Холестерин, ммоль/л | 8,75± 0,26 | 6,58± 0,04 | 5,46± 0,04 | 4,52± 0,04 | 3,13± 0,13 | 3,30± 0,35 |
| Суточный удоёй, л | 23,64± 1,01 | 19,19± 1,09 | 18,58± 0,83 | 15,89± 0,80 | 16,33± 1,09 | - |
| Массовая доля жира молока, % | 3,91± 0,05 | 3,91± 0,04 | 3,92± 0,06 | 4,05± 0,05 | 4,00± 0,06 | - |
| День лактации | 120,84± 6,68 | 140,34± 10,36 | 130,25± 10,33 | 164,33± 12,58 | 102,19± 19,21 | - |
| Общий белок, г/л | 78,46± 2,45 | 74,13± 1,18 | 75,37± 1,31 | 76,09± 1,11 | 75,88± 1,06 | 69,20± 1,57 |
| Альбумины, г/л | 39,14± 1,08 | 38,00± 1,22 | 35,66± 1,22 | 35,85± 0,83 | 32,29± 0,98 | 34,96± 1,53 |
| Глобулины, г/л | 39,32± 2,58 | 36,13± 1,68 | 39,71± 1,62 | 40,24± 1,39 | 43,59± 1,74 | 34,24± 2,05 |
| А/Г коэффициент | 1,00± 0,10 | 1,05± 0,11 | 0,90± 0,08 | 0,89± 0,05 | 0,74± 0,06 | 1,02± 0,11 |
| Мочевина, ммоль/л | 5,20± 0,20 | 5,05± 0,19 | 5,10± 0,22 | 4,71± 0,24 | 4,90± 0,21 | 4,56± 0,32 |
| Глюкоза, ммоль/л | 1,47± 0,13 | 1,73± 0,15 | 2,06± 0,19 | 2,20± 0,14 | 2,28± 0,07 | 2,99± 0,11 |
| Кальций, мг% | 9,88± 0,18 | 10,10± 0,29 | 9,42± 0,25 | 9,22± 0,13 | 9,02± 0,16 | 9,45± 0,29 |
| Фосфор, мг% | 5,50± 0,25 | 5,12± 0,18 | 5,22± 0,20 | 4,97± 0,12 | 5,73± 0,21 | 5,28± 0,28 |
| Магний, мг% | 2,51± 0,21 | 2,31± 0,12 | 2,41± 0,10 | 2,45± 0,11 | 2,43± 0,06 | 2,18± 0,08 |
| АсАТ, Е/л | 15,74± 0,95 | 15,50± 0,90 | 17,76± 0,91 | 16,15± 0,90 | 18,30± 1,13 | 14,52± 0,82 |
| АлАТ, Е/л | 8,06± 0,77 | 9,65± 0,72 | 9,19± 0,60 | 9,57± 0,72 | 8,42± 0,54 | 7,44± 0,87 |
| АсАТ/АлАТ | 1,95± 0,35 | 1,61± 0,24 | 1,93± 0,21 | 1,69± 0,19 | 2,17± 0,17 | 1,95± 0,22 |
| ЛДГ, Е/л | 142,90± 13,55 | 208,25± 27,57 | 271,60± 29,11 | 310,99± 27,14 | 411,33± 25,43 | 346,63± 31,05 |

Детальный анализ коров из пятой группы с гипохолестеринемией показал, что из 31 гол. 14, или 45,2%, только начали лактацию, семь голов (22,5%) – заканчивали лактацию и треть (32,3%) имели низкий холестерин в середине лактации (табл. 3). Низкий холестерин у новотельных коров,

для проявления нормальных эстральных циклов [4]. А одновременно с замедлением темпов повышения содержания сывороточного холестерина у коров отмечается увеличение количества осложнений в период родов и после. Такие результаты могут свидетельствовать в пользу предположения, что сни-

Таблица 3

Средние биохимические показатели сыворотки крови и удоя коров пятой группы с гипохолестеринемией, разбитые по дням лактации, M±m

Table 3

Average biochemical parameters of blood serum and milk yield of cows of the fifth group with hypocholesterolemia, divided by lactation days, M±m

| Показатели | Группы по дням лактации | | |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | I от 4 до 24 (n=14) | II от 63 до 194 (n=10) | III от 218 до 351 (n=7) |
| День лактации | 13,43±1,47 | 107,30±13,84 | 272,43±17,04 |
| Суточный удой, л | 18,47±1,40 | 16,66±1,95 | 11,59±2,14 |
| Общий белок, г/л | 74,72±1,26 | 77,26±2,07 | 76,25±2,83 |
| Альбумины, г/л | 33,59±1,55 | 31,04±2,01 | 31,50±1,01 |
| Глобулины, г/л | 41,13±2,47 | 46,22±3,56 | 44,76±3,08 |
| А/Г коэффициент | 0,89±0,10 | 0,76±0,13 | 0,73±0,06 |
| Мочевина, ммоль/л | 4,79±0,24 | 5,16±0,22 | 4,76±0,80 |
| Глюкоза, ммоль/л | 2,21±0,08 | 2,24±0,17 | 2,49±0,12 |
| Холестерин, ммоль/л | 2,69±0,18 | 3,42±0,16 | 3,62±0,14 |
| Кальций, мг% | 9,03±0,24 | 9,32±0,31 | 8,59±0,29 |
| Фосфор, мг% | 6,06±0,32 | 5,24±0,38 | 5,77±0,38 |
| Магний, мг% | 2,39±0,07 | 2,53±0,14 | 2,36±0,10 |
| АсАТ, Е/л | 17,72±0,65 | 21,73±2,92 | 14,55±1,65 |
| АлАТ, Е/л | 8,05±0,64 | 7,52±0,55 | 10,45±1,73 |
| АсАТ/АлАТ | 2,39±0,21 | 2,85±0,32 | 1,50±0,15 |
| ЛДГ, Е/л | 474,14±24,31 | 380,09±51,81 | 330,35±58,02 |

вероятно, можно объяснить прохождением энергозатратных процессов отёла и начала лактации при отрицательном балансе питательных веществ и пока ещё не запущенной в полную силу мобилизации жира из депо для обеспечения энергетических нужд [5].

Было показано, что уровень сывороточного холестерина изменяется при смене физиологического состояния коровы. Самые низкие концентрации холестерина отмечаются на последних месяцах стельности, при этом определяемый уровень холестерина регистрируется в пределах 2,59–3,62 ммоль/л. Связывают это с тем, что в данный период большое количество его затрачивается на синтез стероидных гормонов, а также на интенсивный рост плода [4, 5]. При нормальном течении послеродового периода в организме коровы к концу первого – началу второго месяца после родов уровень холестерина крови удваивается (и даже утраивается) и составляет в среднем 5,18–7,51 ммоль/л [2, 6, 5]. При этом величина подъёма уровня сывороточного холестерина здоровых коров находится в прямой зависимости от величины суточного удоя [2, 4]. В течение лактации с уменьшением удоя количество холестерина в сыворотке крови коров также снижается [6, 4, 3].

Есть мнение, что высокое содержание холестерина в организме лактирующих коров в послеродовом периоде, по-видимому, необходимо

для проявления нормальных эстральных циклов [4]. А одновременно с замедлением темпов повышения содержания сывороточного холестерина у коров отмечается увеличение количества осложнений в период родов и после. Такие результаты могут свидетельствовать в пользу предположения, что сни-

жение концентрации холестерина в крови в отдельные интервалы послеродового периода коррелируется с нарушениями репродуктивной функции, например эндометритами [2]. Кроме того, холестерин как важный структурный элемент клеточной мембраны играет определенную роль в обновлении мембранных липидов молочной железы. Из этого следует, что высокий уровень холестерина в крови в пик лактации, вероятно, связан не только с усилением обмена веществ, но и с увеличением количества железистой ткани в вымени после отела [4].
Итак, высокий холестерин связан с началом лактации. Но чем характеризуется этот период? Прежде всего, степенью активности биосинтеза и секреции компонентов молока (доминанта лактации), с одной стороны, и неадекватным экзогенным поступлением питательных веществ и энергии, с другой (пониженный аппетит). Возникающий дефицит коровы покрывают за счет тканевых резервов («сдаивание»), обеспечивая тем самым до половины затрат энергии, расходуемой на образование компонентов молока. В этот период высокопродуктивная корова может расходовать из тканей тела более 300 г белка и до 1000 г жира в сутки. По другим наблюдениям высокий удой у коров обеспечивался, кроме энергии корма, путем мобилизации 2 кг жира тела в день [7].

Как известно, холестерин синтезируется из молекул ацетил-КоА, первые реакции его синтеза

совпадают с реакциями кетогенеза. В разгар лактации в результате избытка молекул ацетил-КоА синтез холестерина увеличивается [5]. Таким образом, повышение содержания холестерина в сыворотке здоровых коров наблюдается в тех случаях, когда увеличивается утилизация жирных кислот из жировых депо как энергетического субстрата на фоне недостаточного поступления легкопереваримых углеводов с кормами [8, 6].

Отрицательная корреляция между холестерином и глюкозой отражает взаимосвязь липидного и углеводного обмена. Глюкоза – главный источник энергии для клеток организма, жиры – резервный, дополнительный. Когда энергии (глюкозы) в организме не хватает, происходит адаптивное усиление липолиза, следствием которого является рост концентрации холестерина. Следовательно, в условиях мощнейшего энергодефицита (например, в первой фазе лактации) срабатывает сопряженность этих двух слагаемых: снижение содержания глюкозы приводит к повышению уровня холестерина или наоборот [9]. Кроме того, большая часть эндогенно синтезированной глюкозы используется для обеспечения интенсивной продукции лактозы, особенно на ранних стадиях лактации. Вследствие такой направленности метаболизма концентрация глюкозы в крови снижается, а свободных жирных кислот и кетонных тел – повышается [10].

Из возможных сочетаний значений глюкозы и холестерина следует обращать особое внимание на случаи, в которых низкий уровень холестерина сыворотки сочетается с низким уровнем глюкозы, что указывает на дисфункцию печени, или полное истощение внутренних субстратно-энергетических резервов организма [9, 11, 12, 6].

Лактатдегидрогеназа (ЛДГ) – фермент конечной реакции гликолиза, обеспечивающий обратимый переход лактата в пируват и наоборот. Высокая активность ЛДГ свидетельствует об усилении, а пониженная, напротив, о торможении гликолиза. Уровень ЛДГ ниже 150 Е/л в первую фазу лактации можно расценивать как признак системного торможения окисления углеводов с целью их сбережения для нужд молокообразования [12, 13].

Заключение

Таким образом, полученные результаты по динамике холестерина и его связи с глюкозой и лактатдегидрогеназой отражают гомеостатические изменения в углеводном и липидном обмене, происходящие в организме коров по стадиям лактации. В разгар лактации высокой удой, сопряжённый с отрицательным энергетическим балансом, приводит к снижению уровня лактатдегидрогеназы и глюкозы при повышении холестерина, что свидетельствует о торможении механизмов распада углеводов и доминировании в общей биоэнергетике липидного звена метаболизма. С течением лактации и в сухостойный период происходит последовательный рост активности лактатдегидрогеназы, уровня глюкозы и снижение холестерина, что указывает на постепенный переход «энергетической машины ор-

ганизма» с использования преимущественно жиров на использование глюкозы.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 0412-2019-0051.

Литература

1. Чиркин А.А. Биохимия: учебное руководство. Витебск: Медицинская литература, 2010. 624 с.
2. Кочанов Н.Е., Василенко Т.Ф., Борисенков М.Ф. Эстральный цикл коровы. Сыктывкар, 1994. 60 с.
3. Василенко Т.Ф., Рощевский М.П. Роль общего холестерина в восстановлении эстральных циклов у животных // Доклады Академии наук. 2008. Т. 418. № 4. С. 562–563.
4. Громыко Е.В. Оценка состояния коров методами биохимии // Экологический вестник Северного Кавказа. 2005. № 2. С. 80–94.
5. Васильева С.В. Динамика общего холестерина и его фракций в составе липопротеинов различной плотности в сыворотке крови коров в различных фазах физиологического цикла // Структурные преобразования экономики территорий: в поиске социального и экономического равновесия: Материалы Международной конференции (г. Уфа, 24 декабря 2019). В 3 ч. Ч. 1. Уфа: Изд-во НИЦ Вестник науки, 2019. С. 16–20.
6. Янович В.Г., Лагодюк П.З. Обмен липидов у животных в онтогенезе. М.: Агропромиздат, 1991. 317 с.
7. Душкин Е.В. О связи между функцией молочной железы и жировой дистрофией печени у высокопродуктивных коров // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 2. С. 18–24.
8. Шамберев Ю.Н., Эртуев М.М., Прохоров И.П. Биохимические показатели крови у высокопродуктивных коров черно-пестрой породы // Животноводство. 1986. № 4. С. 129–137.
9. Рослый И.М., Водолажская М.Г. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных: 9. Фундаментальные закономерности адаптивного характера в биохимических показателях сыворотки крови // Вестник ветеринарии. 2009. Т. 51. № 4. С. 53–61.
10. Van Knegsel A.T.M., Vanden Brand H., Dijkstra J. et al. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle // *Reprod. Nutr. Dev.* 2005. 45(6). P. 665–688.
11. Методы ветеринарной клинической диагностики: Справочник / Под ред. проф. И.П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 520 с.
12. Рослый И.М., Водолажская М.Г. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных. 1. Цитолитический синдром или фундаментальный механизм? // Вестник ветеринарии. 2007. Вып. 43. № 4. С. 63–76.

13. *Водолажская М.Г., Рослый И.М.* Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных. 7. Биохимические показатели крови беременных как пример выраженной физиологической адаптации циклического характера // Вестник ветеринарии. 2009. Вып. 49. № 2. С. 59–72.
- References**
1. *Chirkin A.A.* Biohimija: uchebnoe rukovodstvo [Biochemistry: training guide]. Vitebsk: Medicinskaja literature [Medical literature], 2010. 624 p.
 2. *Kochanov N.E., Vasilenko T.F., Borisenkov M.F.* Estral'nyj cikel korovy [The estrous cycle of the cow]. Syktывkar, 1994. 60 p.
 3. *Vasilenko T.F., Roshchevsky M.P.* Rol' obshhego holesterina v vosstanovlenii estral'nyh ciklov u zhivotnyh [The role of total cholesterol in restoration of estrous cycles in animals] // Reports of the Academy of Sciences. 2008. Vol. 418. № 4. P. 562–563.
 4. *Gromyko E.V.* Ocenka sostojanija korov metodami biohimii [Assessment of the condition of cows by biochemistry methods] // Ekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza [Ecological Bull. of the North Caucasus]. 2005. № 2. P. 80–94.
 5. *Vasilyeva S.V.* Dinamika obshhego holesterina i ego frakcij v sostave lipoproteinov razlichnoj plotnosti v syvorotke krovi korov v razlichnyh fazah fiziologicheskogo cikla [Dynamics of total cholesterol and its fractions in the composition of lipoproteins of different densities in the blood serum of cows in different phases of the physiological cycle] // Strukturnye preobrazovanija jekonomiki territorij: v poiske social'nogo i jekonomicheskogo ravnovesija [Structural transformations of the territorial economy: in search of social and economic balance]: Proc. of the conf. (Ufa, December 24, 2019). In 3 parts. Part 1. Ufa: Bull. of Science Res. Centre Publ., 2019. P. 16–20.
 6. *Yanovich V.G., Lagodyuk P.Z.* Obmen lipidov u zhivotnyh v ontogeneze [Lipid metabolism in animals in ontogenesis]. Moscow: Agropromizdat, 1991. 317 p.
 7. *Dushkin E.V.* O svjazi mezhdju funkciej molochnoj zhelezy i zhirovoj distrofiej pečeni u vysokoproduktivnyh korov [On the relationship between mammary gland activity and fatty degeneration of the liver in highly productive cows] // Sel'skohozjajstvennaja biologija [Agricultural biology]. 2010. № 2. P. 18–24.
 8. *Shamberev Yu.N., Ertuev M.M., Prokhorov I.P.* Biohimicheskie pokazateli krovi u vysokoproduktivnyh korov cherno-pestroj porody [Biochemical parameters of blood in highly productive black-and-white cows] // Zhivotnovodstvo [Animal husbandry]. 1986. № 4. P. 129–137.
 9. *Rosly I.M., Vodolazhskaya M.G.* Sravnitel'nye podhody v ocenke sostojanija cheloveka i zhivotnyh: 9. Fundamental'nye zakonomernosti adaptivnogo haraktera v biohimicheskix pokazateljah syvorotki krovi [Comparative approaches to the assessment of human and animal health: 9. Fundamental regularities of adaptive character in biochemical parameters of blood serum] // Vestnik veterinarii [Bull. of veterinary medicine]. 2009. Vol. 51. № 4. P. 53–61.
 10. *Van Knegsel A.T.M., Vanden Brand H., Dijkstra J. et al.* Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle // Reprod. Nutr. Dev. 2005. 45(6). P. 665–688.
 11. *Metody veterinarnoj klinicheskoj diagnostiki: Spravochnik [Methods of veterinary clinical diagnostics: Guide] / Ed. Prof. I.P. Kondrakhina.* Moscow: KolosS, 2004. 520 p.
 12. *Rosly I.M., Vodolazhskaya M.G.* Sravnitel'nye podhody v ocenke so-stojanija cheloveka i zhivotnyh. 1. Citoliticheskij sindrom ili fundamental'nyj mehanizm? [Comparative approaches to the assessment of human and animal health. 1. Cytolytic syndrome or fundamental mechanism?] // Vestnik veterinarii [Bull. of veterinary medicine]. 2007. Issue 43. № 4. P. 63–76.
 13. *Vodolazhskaya M.G., Rosly I.M.* Sravnitel'nye podhody v ocenke so-stojanija cheloveka i zhivotnyh. 7. Biohimicheskie pokazateli krovi beremennyh kak primer vyrazhennoj fiziologicheskoi adaptacii ciklicheskogo haraktera [Comparative approaches to the assessment of human and animal health. 7. Biochemical blood parameters of pregnant women as an example of pronounced physiological adaptations of cyclic nature] // Vestnik veterinarii [Bull. of veterinary medicine]. 2009. Issue 49. № 2. P. 59–72.

Статья поступила в редакцию 07.09.2020