



## ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕГО ГОМЕОСТАЗА У КОРОВ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ЛАКТАЦИЙ

✉ <sup>1</sup>Дементьева Е.С., <sup>2</sup>Магер С.Н.

<sup>1</sup>Томский сельскохозяйственный институт – филиал Новосибирского государственного аграрного университета

Томск, Россия

✉ e-mail: desem@rambler.ru

<sup>2</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Исследованы иммуноморфологические показатели коров крупного рогатого скота, находящегося в разных периодах лактации. В первые 3 мес лактации, исключая 7 дней молозивного периода, в сыворотке крови обнаружено 59,3 ед. циркулирующих иммунных комплексов, в середине лактации (4–7 мес) – 94,2 ( $p < 0,05$ ), в конце (8–10 мес) – 94,1 ед. ( $p < 0,05$ ). Достоверное различие между показателем в первые 3 мес и в последующие периоды лактации, связано с тем, что в начале лактации коровы еще не стельные. В молозивный период высокий показатель циркулирующих иммунных комплексов 116,1 ед. ( $p < 0,05$ ) определен как следствие предродовой иммунной атаки плода на организм коровы, когда система мононуклеарных фагоцитов еще не справилась с элиминацией продуктов нейтрализации. В сухостойный период количество циркулирующих иммунных комплексов составляло 87,6 ед. ( $p < 0,05$ ). Снижение показателя происходило в связи с увеличением активности мононуклеарных фагоцитов и отсутствием лактационной нагрузки на организм. Содержание сегментоядерных, функционально зрелых лейкоцитов в начале лактации составляло 39,4%, в середине лактации этот показатель снижался до 24,8% ( $p < 0,05$ ), в конце ее составил 26,3% ( $p < 0,05$ ). Установлено достоверное различие в относительном количестве сегментоядерных нейтрофилов в контроле и у нелактующих коров в сухостойном периоде – 29,9% ( $p < 0,05$ ). В молозивный период уровень содержания лимфоцитов в крови животных составил 62,0% ( $p < 0,05$ ) и достоверно отличался от контроля – 43,6%. В середине и в конце лактации также прослеживалось достоверное отличие показателя от контроля до 58,9–59,4% ( $p < 0,05$ ). Установлено достоверное различие с группой глубокоствольных сухостойных коров – 53,9% ( $p < 0,05$ ). В первые 1–3 мес лактации коровы или еще не стельные, или между матерью и плодом еще не сформирована тесная связь (плацента), поэтому низкая активность специфического иммунитета в это время вызвана отсутствием в крови коров чужеродных антигенов плода. Полученные данные свидетельствуют о возможности инициации родового процесса иммунной системой.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, лактация, резистентность, иммунная система, гомеостаз, лимфоциты, циркулирующие иммунные комплексы, мононуклеарные фагоциты

## INDICATORS OF TOTAL HOMEOSTASIS IN COWS IN DIFFERENT PERIODS OF LACTATIONS

✉ <sup>1</sup>Dementieva E.S., <sup>2</sup>Mager S.N

<sup>1</sup>Tomsk Agricultural Institute – Branch of Novosibirsk State Agrarian University

Tomsk, Russia

✉ e-mail: desem@rambler.ru

*2Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

The immunomorphological parameters of cattle in different periods of lactation were studied. In the first 3 months of lactation, excluding 7 days of the colostrum period, 59.3 units of circulating immune complexes were found in the serum, in the middle of lactation (4–7 months) – 94.2 ( $p < 0.05$ ), at the end (8–10 months) – 94.1 units ( $p < 0.05$ ). The significant difference between the indicator in the first 3 months and in the subsequent periods of lactation is due to the fact that at the beginning of lactation the cows were not yet pregnant. In the colostrum period, a high rate of circulating immune complexes of 116.1 units ( $p < 0.05$ ) was determined as a consequence of a fetal prenatal immune attack on the cow's body, when the system of mononuclear phagocytes had not yet coped with the elimination of neutralization products. During the dry period, the number of circulating immune complexes was 87.6 units ( $p < 0.05$ ). The decrease in the indicator occurred due to an increase in the activity of mononuclear phagocytes and the absence of lactation effect on the body. The content of segmental, functionally mature leukocytes at the beginning of lactation was 39.4%, in the middle of lactation this indicator decreased to 24.8% ( $p < 0.05$ ), at the end it was 26.3% ( $p < 0.05$ ). A significant difference was found in the relative number of segmented neutrophils in the control group and in non-lactating cows in the dry period – 29.9% ( $p < 0.05$ ). During the colostrum period, the level of lymphocytes in the blood of animals was 62.0% ( $p < 0.05$ ) and it significantly differed from the control – 43.6%. In the middle and at the end of lactation, there was also a significant difference between the indicator and the control, up to 58.9–59.4% ( $p < 0.05$ ). A significant difference with the group of down-calving dry cows was established – 53.9% ( $p < 0.05$ ). In the first 1–3 months of lactation, cows are either not yet pregnant, or a close bond (placenta) between the mother and the fetus has not yet been formed, therefore a low activity of specific immunity at this time is caused by the absence of foreign fetal antigens in the blood of cows. The findings suggest that the birth process may be initiated by the immune system.

**Keywords:** cattle, lactation, resistance, immune system, homeostasis, lymphocytes, circulating immune complexes, mononuclear phagocytes

**Для цитирования:** Дементьева Е.С., Магер С.Н. Показатели общего гомеостаза у коров в разные периоды лактаций // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 56–64. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-7>

**For citation:** Dementieva E.S., Mager S.N. Indicators of total homeostasis in cows in different periods of lactations. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2. pp. 56–64. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-7>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Технология производства молока предполагает, что в течение 7 мес лактации коровы вынашивают плод. Совмещение двух таких энергозатратных физиологических процессов, как беременность и молокообразование, истощает системы организма, вызывает нарушение компенсаторных механизмов, сокращает продолжительность эксплуатации и жизни животных [1, 2]. Для обеспечения здоровья матери и плода особое значение имеет состояние иммунной системы коров [3, 4].

Цель работы – изучить наиболее информативные гомеостатические показатели крови и сыворотки крови крупного рогатого скота в различные периоды лактации.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе Новосибирского государственного аграрного университета и Томского сельскохозяйственного института. Объектом исследования служили коровы голштинских помесей сибирского отродья черно-пестрой породы с разной долей кровности первой – седьмой

лактаций с продуктивностью 3500–5500 кг. Разброс продуктивности продиктован необходимостью увеличить выборку животных. В предыдущих исследованиях нами не выявлено достоверной разницы при сопоставлении иммунологических и гематологических показателей у коров с продуктивностью от 3500 до 5500 кг.

Для определения показателей общего гомеостаза у коров в зависимости от периода лактации сформировали группы с числом животных от трех до 32. Для их сравнения использовали методы статистической обработки, которые позволяют выявить достоверные различия в группах с разным числом животных. Для оценки динамики показателей гомеостаза полученные данные сравнивали с контролем, в качестве которого выбрали группу коров, находящуюся в начале лактации.

Во все периоды опыта исследованы разные животные, что позволило избежать возможного влияния сезонности, изменения условий содержания и кормления на результаты опыта.

В крови лактирующих коров проводили подсчет форменных элементов, определяли лейкограмму по общепринятым методикам с помощью микроскопирования в камере Горяева и мазков крови, окрашенных по Романовскому – Гимза. Активность сывороточ-

ного лизоцима исследовали на фотоэлектрoкалориметре, оценивая светoпропускание в контрольных и опытных пробирках. Фагоцитарную активность нейтрофилов определяли методом опсонофагоцитарной реакции с использованием культуры золотистого стафилококка (штамм № 209). Определение циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови проводили на фотоэлектрoкалориметре, предварительно разводя сыворотку боратым буфером. Для оценки бластной трансформации лимфоцитов применяли стимулятор фитогемагглютинин, результаты учитывали морфологическим методом [5].

Статистическую обработку полученных цифровых данных, в том числе расчет средних значений и расчет математически достоверной разницы показателей результатов, проводили с использованием пакета статистических программ «Statistica for Windows 6.0»

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ изменений иммунологических показателей в различные периоды лактации показывает, что активность сывороточного лизоцима в контроле составляла 31,6% светoпропускания, в сухостойный период – 35,9% ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует об усилении неспецифического иммунитета перед отелом (см. табл. 1). При лактации, продол-

**Табл. 1.** Иммунологические показатели крови коров в разные периоды лактации

**Table 1.** Immunological indicators of cows' blood in different lactation periods

| Показатель                            | Период лактации              |                    |                      |                         |                       |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
|                                       | 1–3 мес (n = 16)<br>контроль | 4–7 мес<br>(n = 6) | 8–10 мес<br>(n = 32) | Сухостойный<br>(n = 28) | Молозивный<br>(n = 7) |
| Лизоцим, % светoпропускания           | 31,6 ± 1,4                   | 30,3 ± 2,0         | 32,3 ± 1,5           | 35,9 ± 1,1*             | 36,6 ± 3,2            |
| Циркулирующие иммунные комплексы, ед. | 59,3 ± 8,4                   | 94,2 ± 14,5*       | 94,1 ± 6,4*          | 87,6 ± 7,0*             | 116,1 ± 21,0*         |
| Бласты, %                             | 54,8 ± 2,1                   | 51,2 ± 5,1         | 53,3 ± 1,9           | 58,5 ± 2,2              | 53,1 ± 3,2            |
| Средние лимфоциты, %                  | 22,6 ± 1,8                   | 20,3 ± 3,2         | 19,8 ± 1,0           | 20,5 ± 1,1              | 23,3 ± 2,0            |
| Малые лимфоциты, %                    | 22,7 ± 1,7                   | 28,5 ± 3,3         | 27,1 ± 1,5           | 21,2 ± 1,7              | 23,1 ± 2,0            |
| Активные лимфоциты, %                 | 77,3 ± 1,7                   | 71,5 ± 3,3         | 73,2 ± 1,5           | 79,0 ± 1,8              | 76,6 ± 1,9            |
| Спонтанная активность, %              | 25,4 ± 2,0                   | 26,8 ± 3,7         | 23,6 ± 1,8           | 22,0 ± 1,5              | 24,9 ± 2,5            |
| Активные нейтрофилы, %                | 39,1 ± 2,0                   | 40,0 ± 2,0         | 40,8 ± 1,6           | 37,1 ± 1,6              | 39,1 ± 3,8            |

\* $p < 0,05$ .

жающейся больше 12 мес, активность лизоцима достоверно выше контрольной группы – 40,7% ( $p < 0,05$ ), что, возможно, связано с низкой молочной продуктивностью при длительной лактации [6, 7].

В первые 3 мес лактации, исключая 7 дней молозивного периода, в сыворотке обнаружили 59,3 ед. циркулирующих иммунных комплексов, в середине лактации (4–7 мес) – 94,2 ед. ( $p < 0,05$ ), в конце (8–10 мес) – 94,1 ед. ( $p < 0,05$ ). Достоверное различие между показателем в первые 3 мес и в последующие периоды лактации, вероятно, связано с тем, что в начале лактации коровы еще не стельные<sup>1</sup> [8]. Из 16 животных, находящихся в начале лактации, 15 были нестельными, одна с неопределенной стельностью, поскольку была вынужденно убита из-за травмы вымени. Срок стельности определяли после рождения здорового теленка.

В молозивный период высокий показатель циркулирующих иммунных комплексов – 116,1 ед. ( $p < 0,05$ ) – свидетельствует о предродовой иммунной атаке плода на организм коровы, система мононуклеарных фагоцитов еще не справилась с элиминацией продуктов нейтрализации антител. В сухостойный период, когда количество циркулирующих иммунных комплексов составляло 87,6 ед. ( $p < 0,05$ ), происходило снижение показателя, вероятно, в связи с увеличением активности мононуклеарных фагоцитов [9–12].

При оценке функциональной активности лимфоцитов установлено, что под воздействием фитогемагглютина в контрольной группе в бласты трансформировалось 54,8% лимфоцитов, в 4–7 мес лактации количество бластов уменьшалось до 51,2, в 8–10 мес активность лимфоцитов увеличивалась до 53,3%.

Таким образом, низкая активность лимфоцитов в середине лактации является следствием высокой продуктивности и глубокой стельности животных в этот период. В молозивный период лимфоциты трансформировались в бласты на 53,1%. В сухостойный

период активность лимфоцитов повышалась до 58,5%, это больше, чем в конце лактации. С уменьшением или прекращением выработки молока усиливалась специфическая реактивность и способность организма животных выдерживать антигенную нагрузку со стороны плода.

Уровень всех активных лимфоцитов, включая средний, был наиболее высок в сухостойный период – 79,0%, а также во время лактации, продолжающейся более 12 мес, – 79,7%. Самый низкий (71,5%) показатель отмечен в середине лактации, когда продукция молока наибольшая. Это указывает на обратную корреляционную зависимость количества выработанного молока от уровня специфической резистентности [13, 14].

Спонтанную активность лимфоцитов подсчитывали без добавления фитогемагглютина в контрольной пробе. В начале лактации показатель составлял 25,4%, в середине возрастал до 26,8%.

Показатели фагоцитарной активности нейтрофилов у коров от молозивного периода до 10 мес лактации отличались стабильностью и варьировали от 39,1 до 40,8% активных нейтрофилов.

Изучены гематологические показатели крови (см. табл. 2). В начале лактации содержание палочкоядерных нейтрофилов составляло 2,9%, в середине – 2,0, в конце – 1,3%; при лактации, продолжающейся более 12 мес, – 0,7% ( $p < 0,05$ ). В течение лактации у коров наблюдали постепенное уменьшение палочкоядерных нейтрофилов, которое свидетельствует о стабилизации образования лейкоцитов в органах кроветворения [15, 16].

Содержание сегментоядерных, функционально зрелых лейкоцитов в начале лактации составляло 39,4%, в середине этот показатель снижался до 24,8% ( $p < 0,05$ ), в конце ее – 26,3% ( $p < 0,05$ ). При этом установлено достоверное различие в относительном количестве сегментоядерных нейтрофилов в контроле и у нелактующих коров в сухо-

<sup>1</sup>Яценко Ю.Н., Магер С.Н. Изучение уровня циркулирующих иммунных комплексов у телят с различным иммунным статусом в ранний постнатальный период // Актуальные проблемы развития АПК в работах молодых ученых Сибири: материалы XI регион. науч.-практ. конф. молодых ученых Сибирского федерального округа. Новосибирск, 2015. С. 155–160.

**Табл. 2.** Гематологические показатели крови коров в разные периоды лактации**Table 2.** Hematological blood counts of cows in different lactation periods

| Показатель                     | Период лактации              |                    |                      |                              |                            |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|
|                                | 1–3 мес (n = 11)<br>контроль | 4–7 мес<br>(n = 6) | 8–10 мес<br>(n = 25) | Сухостой-<br>ный<br>(n = 26) | Молозив-<br>ный<br>(n = 7) |
| Палочкоядерные нейтрофилы, %   | 2,9 ± 0,9                    | 2,0 ± 1,0          | 1,3 ± 0,2            | 1,9 ± 0,4                    | 2,3 ± 1,1                  |
| Сегментоядерные нейтрофилы, %  | 39,4 ± 4,1                   | 24,8 ± 4,6*        | 26,3 ± 2,2*          | 29,9 ± 2,6*                  | 26,2 ± 5,2                 |
| Эозинофилы, %                  | 9,5 ± 2,5                    | 12,0 ± 5,3         | 11,0 ± 1,3           | 9,8 ± 1,2                    | 3,7 ± 1,7                  |
| Моноциты, %                    | 3,8 ± 0,9                    | 2,0 ± 2,0          | 2,5 ± 0,4            | 4,6 ± 0,6                    | 5,8 ± 1,7                  |
| Лимфоциты, %                   | 43,6 ± 2,7                   | 59,4 ± 8,1*        | 58,9 ± 2,6*          | 53,9 ± 3,1*                  | 62,0 ± 6,8*                |
| Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ | 5,2 ± 0,2                    | 4,9 ± 0,5          | 5,2 ± 0,2            | 5,6 ± 0,2                    | 6,1 ± 0,3*                 |
| Лейкоциты, $\times 10^9/л$     | 6,7 ± 0,8                    | 7,7 ± 1,7          | 7,2 ± 0,5            | 6,6 ± 0,7                    | 8,2 ± 1,7                  |

\* $p < 0,05$ .

стойном периоде – 29,9% ( $p < 0,05$ ). Таким образом, лейкопоз у коров после первых 3 мес лактации достоверно снижался; при этом установлено развитие железистого эпителия в молочной железе коров и увеличение выработки молока.

Эозинофильных гранулоцитов в начале лактации обнаружено 9,5%, в середине – 12,0, в конце – 11,0, в молозивный период – 3,7%. Низкое содержание эозинофилов в молозивный период указывает на снижение уровня неспецифической защиты в пользу специфической и необходимость синтеза иммуноглобулинов для защиты новорожденного теленка от инфекций [17].

Содержание моноцитов в контрольной группе было 3,8%, в молозивный период – 5,8, у животных с лактацией 4–7 мес – 2,0, у коров, лактирующих 8–10 мес, – 2,5%.

Уровень содержания лимфоцитов в крови животных указывает на состояние специфической резистентности [18]. В молозивный период этот показатель составлял 62,0% ( $p < 0,05$ ) и достоверно отличался от контроля – 43,6%. В секрете молочной железы у коров в данный период появляется большое количество иммуноглобулинов,

обеспечивающих защиту новорожденного теленка. Можно предположить, что процент лимфоцитов повышался не за счет уменьшения гранулоцитов. Увеличение абсолютного количества лейкоцитов –  $8,2 \times 10^9/л$  – происходило за счет абсолютного увеличения количества лимфоцитов. В середине и в конце лактации также прослеживалось достоверное отличие показателя от контроля до 58,9–59,4% ( $p < 0,05$ ). Установлено достоверное различие с группой глубокоостельных сухостойных коров – 53,9% ( $p < 0,05$ ). В первые 1–3 мес лактации коровы или еще не стельные, или между матерью и плодом еще не сформирована плацента, поэтому низкую активность специфического иммунитета в это время объясняем отсутствием в организме коров антигенов плода [19–21].

В первые 3 мес лактации количество эритроцитов в крови составляло  $5,2 \times 10^{12}/л$ , в 4–7 мес –  $4,9 \times 10^{12}/л$ , в 8–10 мес –  $5,2 \times 10^{12}/л$ . Если количество эритроцитов рассматривать как показатель уровня обмена веществ, то на протяжении лактации он изменялся незначительно. Достоверное отличие в количестве эритроцитов обнаружено между группами коров в 1–3 мес лакта-

ции и молозивным периодом –  $6,1 \times 10^{12}/л$  ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, наиболее высокий уровень обмена веществ в течение лактации отмечен в первые 7 дней после отела. В сухостойный период количество эритроцитов было выше, чем во время лактации, в связи с завершением формирования плода, подготовкой к родам и предстоящей лактацией.

Выявлена динамика изменения показателя лейкопоза у лактирующих коров: количество лейкоцитов в начале лактации составляло  $6,7 \times 10^9/л$ , в середине этот показатель увеличился до  $7,7 \times 10^9$ , в конце лактации снижался до  $7,2 \times 10^9/л$ . В молозивный период данный показатель равнялся  $8,2 \times 10^9/л$ . Во время лактации длительностью более 12 мес количество лейкоцитов уменьшалось –  $4,6 \times 10^9/л$  ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о стабилизации иммунной системы у коров с длительной лактацией [22, 23].

Зафиксированы изменения биохимических показателей в сыворотке крови коров в различные периоды лактации. По сравнению с контролем (2,38 ммоль/л) достоверно отличалось содержание кальция у коров в молозивный период – 3,17 ммоль/л ( $p < 0,05$ ), что обусловлено небольшим объемом секрета молочной железы и высоким уровнем обмена элемента. Обнаружено также достоверное отличие с группой сухостойных коров – 2,90 ммоль/л ( $p < 0,05$ ), которое объясняем отсутствием элиминации кальция с молоком и интенсивным обменом макроэлемента, связанным с формированием скелета плода.

В контрольной группе щелочной резерв составил 42,0 об.%  $CO_2$ , в середине лактации – 23,4 ( $p < 0,05$ ), в конце – 36,10 об.%  $CO_2$ . В середине лактации происходило достоверное снижение щелочного резерва, которое обусловлено высокой продуктивностью коров в этот период. Увеличение щелочного резерва (37,0 об.%  $CO_2$ ) в конце лактации, по нашему мнению, вызвано снижением молокоотдачи в сухостойный период, незначительный рост происходил после прекращения кормления животных силосом (см. сноску 1).

В начале лактации содержание каротина в сыворотке крови коров равнялось  $0,92 \times 10^{-2}$  мкмоль/л, в середине оно увеличивалось до  $1,17 \times 10^{-2}$  мкмоль/л, к концу лактации составляло  $1,36 \times 10^{-2}$  мкмоль/л ( $p < 0,05$ ). В молозивный и сухостойный периоды показатель содержания каротина был  $0,89–1,08 \times 10^{-2}$  мкмоль/л. В течение лактационного периода отмечено постепенное увеличение данного показателя, что связываем с ростом, развитием плода и снижением выработки молока.

Количество сахара в крови животных в первые 1–3 мес лактации составило 4,38 ммоль/л, в 4–7 мес – 2,0 ( $p < 0,05$ ), в 8–10 – 1,91 ммоль/л ( $p < 0,05$ ). В течение лактации происходило достоверное снижение сахара в крови. Вероятно, на этот процесс влияет повышение уровня обмена веществ и рост молокообразования в начале лактации. В сухостойный период также обнаружено достоверное различие по сравнению с контролем – 2,16 ммоль/л ( $p < 0,05$ ), связанное со снижением обмена веществ. Некоторое повышение уровня глюкозы в сухостое по сравнению с окончанием лактации объясняем исключением из рациона силоса, содержащего масляную кислоту.

## ВЫВОДЫ

1. Перед отелом активность сывороточно-го лизоцима увеличивается от 31,6% светопропускания в контроле до 35,9% ( $p < 0,05$ ) в сухостойный период.

2. Достоверное различие между содержанием в сыворотке циркулирующих иммунных комплексов в первые 3 мес и в последующие периоды лактации вызвано тем, что в начале лактации коровы еще не стельные.

3. В молозивный период высокий показатель циркулирующих иммунных комплексов – 116,1 ед. ( $p < 0,05$ ) – определили как последствие предродовой иммунной атаки плода на организм коровы, когда система мононуклеарных фагоцитов еще не справилась с элиминацией продуктов нейтрализации. В сухостойный период количество циркулирующих иммунных комплексов со-

ставляло 87,6 ед. ( $p < 0,05$ ). Снижение показателя, вероятно, происходило в связи с увеличением активности мононуклеарных фагоцитов и отсутствием лактационной нагрузки на организм.

4. В молочивный период уровень содержания лимфоцитов в крови животных составляет 62,0% ( $p < 0,05$ ) и достоверно отличается от контроля – 43,6%. В секрете молочной железы у коров в этот период появляется большое количество иммуноглобулинов, обеспечивающих защиту новорожденного теленка. Установлено достоверное различие с группой глубокостельных сухостойных коров – 53,9% ( $p < 0,05$ ). В первые 1–3 мес лактации коровы или еще не стельные, или между матерью и плодом еще не сформирована тесная связь (плацента), поэтому низкую активность специфического иммунитета в это время объясняем отсутствием в крови коров чужеродных антигенов плода.

5. Достоверное отличие в количестве эритроцитов обнаружено между группами 1–3 мес и молочивным периодом –  $6,1 \times 10^{12}/л$  ( $p < 0,05$ ). Наиболее высокий уровень обмена веществ в течение лактации отмечен в первые 7 дней после отела.

6. Иммунный конфликт, связанный с напряженным состоянием специфического иммунитета перед родами и высоким содержанием иммунных комплексов в крови в молочивный период, способствует снижению плацентой барьерной функции, что является, на наш взгляд, основной причиной изгнания плода из организма коровы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Евглевский А.А., Турнаев С.Н., Тарасов В.Ю.* Проблемы обеспечения здоровья высокопродуктивных коров в промышленном животноводстве и практические пути ее решения // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 4. С. 26–30.
2. *Магер С.Н., Напимеров В.А., Смирнов П.Н.* Влияние стресс-факторов на воспроизводительную способность крупного рогатого скота // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2005. № 1 (2). С. 49–51.
3. Иммунология: монография / под ред. Е.С. Воронина. М.: Колосс-Пресс, 2002. 408 с.
4. *Шабашова Н.В.* Иммуитет, иммунная система и профилактика инфекционных и неинфекционных заболеваний: монография. СПб.: Издательство политехнического университета, 2013. 118 с.
5. *Новиков Д.К., Новикова В.И.* Оценка иммунного статуса: монография. М.; Витебск: Издательство Витебского медицинского института, 1996. 281 с.
6. *Магер С.Н., Деметьева Е.С.* Физиология иммунной системы: монография. СПб.: Лань, 2014. 192 с.
7. Аллергология и иммунология: монография / под ред. Р.М. Хаитова, Н.И. Ильиной. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 56 с.
8. *Кульмакова Н.И., Мударисов Р.М.* Иммунобиологический статус крупного рогатого скота в системе «мать – плод – новорожденный»: монография. Иркутск: Мега-принт, 2018. 206 с.
9. *Логинов С.И., Смирнов П.Н., Трунов А.Н.* Иммунные комплексы у животных и человека: норма и патология: монография. Новосибирск: Издательство РАСХН, 1999. 144 с.
10. *Порываева А.П., Красноперов А.С., Верещак Н.А., Ваганова Л.С.* Значение циркулирующих иммунных комплексов для оценки популяционного здоровья крупного рогатого скота в зоне с напряженной экологической обстановкой // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2017. № 2 (22). С. 83–87.
11. *Gardner L., Moffett A.* Dendritic cells in the human decidua // Biology of Reproduction. 2003. Vol. 69. P. 1438–1446.
12. *Mia S. et al.* An optimized protocol for human M2 macrophages using M-CSF and IL-4/IL-10/TGF- $\beta$  yields a dominant immunosuppressive phenotype // Scandinavian journal of immunology. 2014. Vol. 79. N. 5. P. 305–314.
13. *Tizard J.* Veterinary Immunology. Philadelphia, London, Toronto, 2013. 552 p.
14. *Хаито Р.М., Игнатьева Г.А., Сидорович И.Г.* Иммунология: монография. М.: Медицина, 2000. 432 с.
15. *Потапнев М.П., Гуцина Л.М., Мороз Л.А.* Фенотипическая и функциональная гетерогенность субпопуляций нейтрофилов в норме и при патологии // Иммунология. 2019. Т. 40. № 5. С. 84–96.

16. Abbas A., Lichtman A.N., Pillai S. Cellular and Molecular Immunology: 6th ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia: Elsevier Science, 2007. 572 p.
17. Тыринова Т.В., Леплина О.Ю., Тихонова М.А., Останин А.А., Черных Е.Р. Взаимосвязь функциональной активности генерируемых *in vitro* дендритных клеток с содержанием CD16+ клеток в популяции моноцитов периферической крови // Медицинская иммунология. 2020. Т. 22. № 2. С. 269–280.
18. Kovats S., Main E.K., Librach C., Stubblebine M., Fisher S.J., DeMars R. A class I antigen, HLA-G, expressed in human trophoblasts // Science. 1990. Vol. 248. P. 220–223. DOI: 10.1126/science.2326636.
19. Соколов Д.И. Васкулогенез и ангиогенез в развитии плаценты // Журнал акушерства и женских болезней. 2007. Т. 56. № 3. С. 129–133.
20. Сухих Г.Т., Ванько Л.В. Иммунология беременности: монография. М.: Издательство РАМН, 2003. 400 с.
21. Талаев В.Ю., Матвейчев А.В., Ломунова М.А., Талаева Е.Б., Бабайкина О.Н., Заиченко Н.Е., Цатуров М.Э. Клетки трофобласта плаценты человека угнетают способность дендритных клеток индуцировать продукцию интерферона- $\gamma$  // Иммунология. 2009. № 3. С. 148–152.
22. Серых М.М., Зайцев В.В., Петров А.М., Седых М.М., Гиломедова Л.П., Зайцева Л.М. Иммунология репродукции: монография. Самара: Издательство СГСХА, 2011. 246 с.
23. Kammerer U., Eggert A.O., Kapp M., McLellan A., Teunis B., Geijtenbeek H., Dietl J., Kooyk Y., Kämpgen E. Unique appearance of proliferating antigen-presenting cells expressing DC-SIGN (CD 209) in the decidua of early human pregnancy // The American Journal of Pathology. 2003. Vol. 162. P. 887–896. DOI: 10.1016/S0002-9440(10)63884-9.
2. Mager S.N., Naprimerov V.A., Smirnov P.N. Impact of stress-factors on reproductive performance in cows. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2005, no. 1 (2), pp. 49–51. (In Russian).
3. *Immunology* / pod red. E.S. Voronina. Moscow, Koloss-Press Publ., 2002, 408 p. (In Russian).
4. Shabashova N.V. *Immunity, immune system and prevention of infectious and non-infectious diseases*. St. Petersburg, Izdatel'stvo politekhnicheskogo universiteta = St. Petersburg, Publishing House of Polytechnical University, 2013, 118 p. (In Russian).
5. Novikov D.K., Novikova V.I. *Immune status assessment*. Moscow–Vitebsk, Izdatel'stvo Vitebskogo meditsinskogo instituta = Moscow–Vitebsk, Publishing House of Vitebsk Medical Institute, 1996, 281 p. (In Russian).
6. Mager S.N., Dement'eva E.S. *Physiology of the immune system*. St. Petersburg, Lan' Publ., 2014, 192 p. (In Russian).
7. *Allergology and immunology*. / pod red. R.M. Khaitova, N.I. Il'inoi. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2014, 56 p. (In Russian).
8. Kul'makova N.I., Mudarisov R.M. *Immunobiological status of cattle in the "mother - fetus - newborn" system*. Irkutsk, Mega-print Publ., 2018, 206 p. (In Russian).
9. Loginov S.I., Smirnov P.N., Trunov A.N. *Immune complexes in animals and humans: norm and pathology*. Novosibirsk, RASKhN Publ., 1999, 144 p. (In Russian).
10. Poryvaeva A.P., Krasnoperov A.S., Vereshchak N.A., Vaganova L.S. Significance of circulating immune complexes to assess the population health of cattle in an area with intense environmental conditions. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii = Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*, 2017, no. 2 (22), pp. 83–87. (In Russian).
11. Gardner L., Moffett A. Dendritic cells in the human decidua. *Biology of Reproduction*, 2003, vol. 69, pp. 1438–1446.
12. Mia S. et al. An optimized protocol for human M2 macrophages using M-CSF and IL-4/IL-10/TGF- $\beta$  yields a dominant immunosuppressive phenotype. *Scandinavian journal of immunology*, 2014, vol. 79, no. 5, pp. 305–314.
13. Tizard J. *Veterinary Immunology*. Philadelphia, London, Toronto, 2013, 552 p.

## REFERENCES

14. Khaito R.M. Ignat'eva G.A., Sidorovich I.G. *Immunology*. Moscow, Meditsina Publ., 2000, 432 p. (In Russian).
15. Potapnev M.P., Gushchina L.M., Moroz L.A. Human neutrophils subpopulations and functions heterogeneity in norm and pathology. *Immunologiya*, 2019, vol. 40, no. 5, pp. 84–96. (In Russian).
16. Abbas A., Lichtman A.N., Pillai S. Cellular and Molecular Immunology: 6th ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia: Elsevier Science, 2007, 572 p.
17. Tyrinova T.V., Leplina O.Yu., Tikhonova M.A., Ostanin A.A., Chernykh E.R. Relationship between the functional activity of *in vitro* generated monocyte-derived dendritic cells and the presence of CD16<sup>+</sup> cells among peripheral blood monocytes. *Meditsinskaya immunologiya = Medical Immunology*, 2020, vol. 22, no. 2, pp. 269–280. (In Russian).
18. Kovats S., Main E.K., Librach C., Stubblebine M., Fisher S.J., DeMars R. A class I antigen, HLA-G, expressed in human trophoblasts. *Science*, 1990, vol. 248, pp. 220–223. DOI: 10.1126/science.2326636.
19. Sokolov D.I. Vasculogenesis and angiogenesis in development of a placenta. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh boleznei = Journal of Obstetrics and Woman's Diseases*, 2007, vol. 56, no. 3, pp. 129–133. (In Russian).
20. Sukhikh G.T., Van'ko L.V. *Immunology of pregnancy*. Moscow, RAMN Publ., 2003, 400 p. (In Russian).
21. Talaev V.Yu., Matveichev A.V., Lomunova M.A., Talaeva E.B., Babaikina O.N., Zaichenko N.E., Tsaturov M.E. Human placental trophoblast cells suppress the ability of dendrite cells to induce interferon- $\gamma$  production. *Immunologiya*. 2009, no. 3, pp. 148–152.
22. Serykh M.M., Zaitsev V.V., Petrov A.M., Sedikh M.M., Gnilomedova L.P., Zaitseva L.M. *Immunology of reproduction*. Samara, SGSKhA Publ., 2011, 246 p. (In Russian).
23. Kammerer U., Eggert A.O., Kapp M., McLellan A., Teunis B., Geijtenbeek H., Dietl J., Kooyk Y., Kämpgen E. Unique appearance of proliferating antigen-presenting cells expressing DC-SIGN (CD 209) in the decidua of early human pregnancy. *The American Journal of Pathology*, 2003, vol. 162, pp. 887–896. DOI: 10.1016/S0002-9440(10)63884-9

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Деметьева Е.А., кандидат биологических наук, доцент; адрес для переписки: Россия, 634050, Томск, ул. Карла Маркса, 19; e-mail: desem@rambler.ru

Магер С.Н., доктор биологических наук, руководитель научного направления

#### AUTHOR INFORMATION

✉ Elena A. Dementyeva, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; address: 19, Karl Marx St., Tomsk, 634050, Russia, e-mail: desem@rambler.ru

Sergey N. Mager, Doctor of Science in Biology, Head of Scientific Division

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.11.2020  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.01.2021  
Дата публикации / Published 25.05.2021