

Иммунологические показатели крупного рогатого скота, инфицированного вирусом лейкоза разных генотипов

А. П. Порываева¹, И. М. Донник¹, А. Г. Исаева^{1✉}, М. В. Петропавловский¹,
А. С. Кривоногова², О. Ю. Черных³

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³ Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

✉ E-mail: isaeva.05@bk.ru

Аннотация. Лейкоз крупного рогатого скота по-прежнему является одной из главных проблем в животноводстве. В настоящее время происходит замещение одного типа вируса лейкоза другим, в связи с этим особенно актуально изучение клинической картины крови у животных. **Целью** нашего исследования было изучение иммунологических показателей крупного рогатого скота, инфицированного вирусом лейкоза разных генотипов. **Методы.** Для оценки изменений проводили иммуногематологические и молекулярно-генетические исследования, для оценки состояния животных использовали интегральные лейкоцитарные индексы. **Научная новизна.** впервые подробно описаны клинико-иммунологические показатели животных, инфицированных вирусом лейкоза разных генотипов. **Результаты.** В результате комплексного исследования получены новые данные о влиянии генетической вариабельности вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV) на клинико-иммунологический статус инфицированных животных в различных регионах Российской Федерации. На территориях обследованных хозяйств Тюменской и Свердловской областей идентифицирована циркуляция двух генотипов BLV: генотипа 4 (бельгийский) и генотипа 7 (австралийский). На сопоставимых стадиях заболевания (начальной и алейкемической) существенных различий в основных гематологических показателях между животными, инфицированными разными генотипами BLV, не установлено, что свидетельствует об общности патогенетических механизмов, запускаемых вирусом независимо от его генотипической принадлежности на данных этапах. При этом установлено, что инфицирование генотипом 4 ассоциируется с более широким спектром клинических проявлений и большей долей животных с развитыми стадиями патологии (алейкемическая – 46,4 %, сублейкемическая – 14,15 %), в то время как у животных, инфицированных генотипом 7, заболевание в 50 % случаев протекало в начальной стадии, в 50 % – в алейкемической, что может указывать на потенциальные различия в вирулентности или динамике развития инфекционного процесса. Ключевым результатом исследований является демонстрация того, что степень иммунологического дисбаланса более четко коррелирует со стадией лейкозного процесса, чем с конкретным генотипом вируса.

Ключевые слова: вирус лейкоза крупного рогатого скота, генотипы вируса, клиническая диагностика, иммуногематологические исследования, интегральные лейкоцитарные индексы, молекулярно-генетические исследования

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00103, <https://rscf.ru/project/23-16-00103/>

Для цитирования: Порываева А. П., Донник И. М., Исаева А. Г., Петропавловский М. В., Кривоногова А. С., Черных О. Ю. Иммунологические показатели крупного рогатого скота, инфицированного вирусом лейкоза разных генотипов // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 06. С. 1069–1086. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1069-1086>.

Дата поступления статьи: 25.03.2026, **дата рецензирования:** 05.05.2026, **дата принятия:** 15.05.2026.

Immunological parameters of cattle infected with leukemia virus of different genotypes

A. P. Poryvaeva¹, I. M. Donnik¹, A. G. Isaeva^{1✉}, M. V. Petropavlovskiy¹,
A. S. Krivonogova², O. Yu. Chernykh³

¹Ural Federal Agrarian Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

²Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

✉E-mail: isaeva.05@bk.ru

Abstract. Bovine leukemia remains a major problem in animal husbandry. Currently, one type of leukemia virus is being replaced by another, making the study of blood clinical parameters in animals especially relevant. **The purpose** of our study was to investigate the characteristics of immunological parameters in cattle infected with different genotypes of the leukemia virus. **Methods.** To assess changes, immunohematological and molecular genetic studies were conducted; to evaluate the condition of animals, integrated leukocyte indices were used. **Scientific novelty.** For the first time, detailed clinical and immunological parameters of animals infected with different genotypes of the leukemia virus are described. **Results.** As a result of a comprehensive study, new data were obtained on the influence of the genetic variability of the bovine leukemia virus (BLV) on the clinical and immunological status of infected animals in various regions of the Russian Federation. In the surveyed farms of the Tyumen and Sverdlovsk Oblasts, circulation of two BLV genotypes was identified: genotype 4 (Belgian) and genotype 7 (Australian). At comparable stages of the disease (initial and aleukemic), no significant differences in key hematological parameters were established between animals infected with different BLV genotypes, which indicates a commonality of pathogenetic mechanisms triggered by the virus regardless of its genotypic affiliation at these stages. However, it was established that infection with genotype 4 is associated with a broader spectrum of clinical manifestations and a higher proportion of animals with developed stages of the pathology (aleukemic – 46.4 %, subleukemic – 14.5 %). Whereas in animals infected with genotype 7, the disease proceeded at the initial stage in 50 % of cases, and at the aleukemic stage in 50 %, which may indicate potential differences in virulence or the dynamics of the infectious process development. The key finding of the research is the demonstration that the degree of immunological imbalance correlates more clearly with the stage of the leukemic process than with the specific virus genotype.

Keywords: bovine leukemia virus, virus genotypes, clinical examination, immunohaematological analysis, integral leukocyte indices, molecular genetic testing

Acknowledgements. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation, project No. 23-16-00103, <https://rscf.ru/project/23-16-00103/>

For citation: Poryvaeva A. P., Donnik I. M., Isaeva A. G., Petropavlovskiy M. V., Krivonogova A. S., Chernykh O. Yu. Immunological parameters of cattle infected with leukemia virus of different genotypes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 1069–1086. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1069-1086>. (In Russ.)

Date of paper submission: 25.03.2026, **date of review:** 05.05.2026, **date of acceptance:** 15.05.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Лейкоз крупного рогатого скота – хроническое инфекционное заболевание, вызываемое РНК-содержащим вирусом (BLV, Bovine Leukemia Virus). Развитие болезни характеризуется поражением лимфоидной и кроветворной систем, приводит к существенным потерям, связанным со снижением продуктивности животных, преждевременной их выбраковкой, затратами на диагностику и проведение противоэпизоотических мероприятий, что приносит существенные экономические издержки для отрасли животноводства [1–4].

Вирус лейкоза является дельта-ретровирусом и способен инфицировать и персистировать в В-лимфоцитах, вызывая нарушение регуляции иммунного ответа [5–7]. Генетическая вариабельность возбудителя, выражающаяся многообразием различных генотипов, персистирующих на разных географических территориях, является важным фактором, определяющим патогенность вируса, особенности течения инфекции и эффективность диагностических систем. Согласно современным данным, на территории различных регионов мира циркулируют 12 генотипов BLV, однако их сравни-

тельное влияние на иммунный статус и клинико-гематологические проявления у инфицированного скота изучено недостаточно [8; 9].

Несмотря на достаточно высокую степень изученности лейкоза, многие аспекты патогенеза этого заболевания, особенно в области взаимодействия разных генетических вариантов патогена с иммунной системой хозяина, остаются дискуссионными. Большинство исследований традиционно фокусировались на серологической, молекулярно-генетической диагностике и общих гематологических изменениях. При этом комплексная оценка иммунологических параметров, таких как соотношение субпопуляций лимфоцитов (Т-, В-клетки, хелперы, супрессоры), показатели фагоцитарной активности, а также расчет интегральных лейкоцитарных индексов интоксикации у животных, инфицированных разными генотипами BLV, проводилась фрагментарно. Подобные исследования особенно актуальны в свете сообщений о смене доминирующих генотипов вируса в некоторых регионах, что потенциально может влиять на эпизоотический процесс и клиническую картину болезни.

Таким образом, взаимосвязь генетического разнообразия вируса лейкоза крупного рогатого скота с характером и глубиной нарушений иммунологических показателей у больных животных изучена недостаточно. Комплексная оценка этих нарушений на разных стадиях инфекционного процесса (начальная, алейкемическая, сублейкемическая) позволит не только углубить понимание патогенеза лейкоза, но и усовершенствовать методы ранней диагностики и мониторинга состояния стада [10].

Целью настоящего исследования явилось изучение характеристики иммунологических показателей крупного рогатого скота, инфицированного вирусом лейкоза разных генотипов (BLV 4 – бельгийский, BLV 7 – австралийский), в различных эпизоотических и хозяйственных условиях.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Определить спектр циркулирующих генотипов BLV в стадах КРС Тюменской, Свердловской областей и Краснодарского края.
2. Провести комплексную диспансеризацию и клинический осмотр животных, инфицированных разными генотипами BLV.
3. Осуществить детальный гематологический анализ, включая исследование лейкограммы, и оценить состояние красного и белого ростков крови.
4. Изучить клеточное звено иммунитета путем определения содержания Т- и В-лимфоцитов, их субпопуляций (CD4+, CD8+), а также фагоцитарной активности нейтрофилов.
5. Рассчитать интегральные лейкоцитарные индексы интоксикации (ЛИИр, ИСЛК, ЛИ, ЯИ) для количественной оценки выраженности эндогенной

интоксикации, активности воспаления и иммунологического дисбаланса.

6. Провести сравнительный анализ иммунологических и гематологических показателей у животных, инфицированных разными генотипами BLV, на разных стадиях лейкозного процесса.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые на значительном материале проводится сопоставительный анализ клинико-иммунологического статуса крупного рогатого скота при инфицировании доминирующими на территории России генотипами BLV. Работа вносит вклад в понимание патогенетических особенностей течения лейкоза в зависимости от генетической характеристики возбудителя.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования были выполнены в трех субъектах Российской Федерации в период 2023–2025 годов.

Эпизоотическая ситуация по лейкозу крупного рогатого скота (ВЛ КРС, BLV) в данных регионах на начало 2023 года характеризовалась следующими показателями: в Краснодарском крае – 823 н. п. (неблагополучных пункта), 472 животных в гематологической стадии лейкоза; в Тюменской области – 282 н. п., 152 головы гембольных; в Свердловской области – 26 н. п. (в частном секторе), гембольные животные отсутствовали [11].

Было проведено ранжирование обследованных сельскохозяйственных предприятий в Свердловской и Тюменской областях, Краснодарском крае с учетом уровня инфицированности стад ВЛ КРС.

Группа 1 включала предприятия из Нижнетавдинского и Абатского районов Тюменской области, которые занимают одно из первых мест в области по количеству крупного рогатого скота с гематологической формой лейкоза: в 2023 году заболеваемость ВЛ КРС составляла 12,8 % (выявлено 5 гембольных животных). Породный состав поголовья крупного рогатого скота на территории субъекта неоднороден и представлен животными голштинской породы местного и импортного разведения, а также других пород. На территорию Тюменской области регулярно с 2001 года завозят импортный племенной скот из стран Западной Европы и Северной Америки.

Группа 2 – предприятия, расположенные в Тбилисском районе Краснодарского края. В 2023 году заболеваемость ВЛ КРС составляла 5,7 % (выявлено 69 гембольных животных) [12]. Наиболее распространенные породы крупного рогатого скота на территории субъекта: красная степная порода кубанского типа, герефордская (датской селекции), симментальская (австрийской селекции), абердин-ангусская (канадской и австралийской селекции), шароле-зская (французской селекции).

Группа 3 – предприятия из Туринского района Свердловской области. Общее поголовье крупного рогатого скота в данных предприятиях на момент обследования составляло 814 голов голштинской по-

роды местного разведения; уровень инфицированности стад ВЛ КРС 3,6 %. Важно учитывать, что инфицированный скот был бесконтрольно завезен в животноводческие предприятия из неблагополучных по лейкозу КРС административных территорий. Кроме того, на предприятиях предположительно имела место передержка отдельно стоящих инфицированных коров на территории изолированной фермы в течение длительного времени [13]. Туринский район – это один из последних районов Свердловской области, где было завершено оздоровление скота от лейкоза. Ввоз импортного поголовья крупного рогатого скота в Свердловскую область не ведется с 1990 года.

В обследованных предприятиях на основании проведенных серологических исследований (РИД) сформировали группы, в которые входили животные с активным инфекционным процессом ВЛ КРС. В данных группах проведены комплексные клинико-диагностические мероприятия: диспансеризация животных и исследование биопроб от них серологическими, гематологическими, иммунологическими и биохимическими методами. Диспансеризацию животных ($n = 93$) осуществляли по Шарабрину в модификации Н. Ю. Мусиной [14]. Клинический статус каждой обследованной группы определяли по результатам индивидуального ветеринарного осмотра животных, который включал в себя оценку упитанности коров по 5-балльной системе; состояния поверхностных лимфатических узлов (предлопаточных, подвздошных, надвыменных, коленной складки); деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем; состояния дистального отдела конечностей и позвоночника; выявление клинических признаков микроэлементозов и нарушений минерального обмена.

Исследование мочи проводили экспресс-методом у 15–30 % животных от общего количества обследованных особей на следующие показатели: удельный вес, нитриты, pH, белок, глюкоза, кетоны, уробилиноген, билирубин.

Гематологические и иммунологические исследования биопроб крови ($n = 93$) проводили с целью выявления особенностей функциональных нарушений клеточного звена иммунитета у животных с разной степенью инфекционного лейкозного процесса. Определяли абсолютное и относительное содержание эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов и гематокрит – с использованием гематологического анализатора Abacus Junior Vet (Diatron, Австрия), программа Measure Profiles 1 Cow, применяя стандартные реактивы; скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – по методике Панченкова; процентное содержание клеток лейкоцитарной формулы крови – микроскопия мазков крови, окрашенных по методике Романовскому – Гимзе, на микроскопе Micros MCX100 (Micros, Австрия); содержание Т и В-лимфоцитов – в реакции спонтанного розеткообразования с эритроцитами барана для

Т-лимфоцитов (Е-РОЛ) и с эритроцитами мыши для В-лимфоцитов (М-РОЛ) по методике П. Н. Смирнова; содержание Т-лимфоцитов-хелперов (CD4+) и Т-лимфоцитов-супрессоров (CD8+) – в реакции спонтанного розеткообразования с эритроцитами барана для субпопуляций Т-лимфоцитов (CD4+ и CD8+) по методике П. Н. Смирнова; фагоцитарной активности и индекса нейтрофилов – в опсоно-фагоцитарной реакции с использованием латекса по П. Н. Смирнову; циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) – методом селективной преципитации полиэтиленгликолем на фотометре для микропланшетов Bio-Rad iMark (производитель Bio-Rad Laboratories, США), проводили микроскопию клеток крови (AxioCam 208, Carl Zeiss).

Для оценки выраженности эндогенной интоксикации организма, активности воспалительного процесса и выявления патологических иммунологических нарушений у обследованных коров по данным гематологического анализа вычисляли индексы ЛИИр, ИСЛК, ЛИ, ЯИ [15].

Интегральные лейкоцитарные индексы рассчитывали по следующим видам клеток: сегментоядерные нейтрофилы, палочкоядерные нейтрофилы, юные нейтрофилы, моноциты, лимфоциты, эозинофилы, базофилы (значения в процентах).

ЛИИр – лейкоцитарный индекс интоксикации в модификации Б. А. Рейса отражает степень интоксикации, выраженность воспаления и процессы тканевой дегенерации.

$$\text{ЛИИр} = \frac{\text{сегментоядерные} + \text{палочкоядерные} + \text{юные}}{\text{моноциты} + \text{лимфоциты} + \text{эозинофилы}}.$$

Референтные значения ЛИИр 0,4 – 0,62 у. е. [16]

ИСЛК (индекс сдвига лейкоцитов крови) характеризует соотношение гранулоцитов и агранулоцитов, отражает иммунологическую реактивность организма и выраженность воспалительного процесса.

$$\text{ИСЛК} = \frac{\text{эозинофилы} + \text{базофилы} + \text{нейтрофилы}}{\text{моноциты} + \text{лимфоциты}}.$$

Референтные значения ИСЛК 0,61 – 0,85 у. е. [16].

ЛИ (лимфоцитарный индекс) отражает взаимоотношение гуморального и клеточного звена иммунной системы организма.

$$\text{ЛИ} = \frac{\text{лимфоциты}}{\text{нейтрофилы}}.$$

Референтные значения ЛИ 1,29 – 1,87 у. е. [16].

ЯИ (ядерный индекс Г. Д. Даштаянца) определяет тяжесть состояния больного животного и характеризует скорость регенерации нейтрофилов и моноцитов, а также продолжительность их циркуляции в кровяном русле.

$$\text{ЯИ} = \frac{\text{моноциты} + \text{юные} + \text{палочкоядерные}}{\text{сегментоядерные}}.$$

Референтные значения ЯИ 0,17–0,31 у. е. [16].

Для подтверждения статуса неблагополучия животноводческого предприятия по заболеванию лейкозом КРС использовали серологические и молекулярно-генетические методы (реакция иммунной диффузии, иммуноферментный анализ, ПЦР).

Постановку реакции иммунной диффузии осуществляли в соответствии с инструкцией производителя «Диагностического набора для выявления антител к вирусу лейкоза крупного рогатого скота в реакции иммунодиффузии» (БИОК, Россия).

Иммуноферментный анализ проводили с использованием набора IDEXX Leukosis Serum Screening Test (Франция) в соответствии с прилагаемой инструкцией производителя. Учет результатов исследований проводили на фотометре iMark TM (Bio-RAD, США).

ПЦР-диагностику вируса лейкоза крупного рогатого скота производили в реальном времени с использованием коммерческой тест-системы для выявления провируса лейкоза крупного рогатого скота «АмплиПрайм Лейкоз КРС» (ООО «НекстБио», Россия). Амплификацию проводили при помощи амплификатора CFX96 Touch (Bio-Rad, США). Интерпретацию полученных результатов производили согласно инструкции производителя.

Генетический анализ изолятов вируса лейкоза ($n = 67$) проводили методами полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (RFLP), а также секвенирования целевого участка гена env gp51 по Сэнгеру. Изучение генетической вариативности изолятов проводили биоинформатически. ПЦР-диагностику осуществляли в режиме реального времени с применением амплификатора Rotor-Gene 3000 (Corbett Life Science, Австралия) [17].

Достоверность результатов подтверждали путем статистической обработки и определения различий средних значений с помощью критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными при $P < 0,05$.

Для обработки полученных данных использовали программу Microsoft Excel, входящую в пакет программ Microsoft Office Pro.

Результаты (Results)

В Тюменской области действует комплексная программа ликвидации лейкоза в стадах крупного рогатого скота, основанная на принципах «Уральской системы». За период с 2002 по 2024 год общая инфицированность поголовья крупного рогатого скота лейкозом снизилась более чем в 18 раз (с 33,1 % до 1,8 %). Данный субъект РФ относится к регионам с выраженной положительной динамикой эпизоотической ситуации по ВЛ КРС [11]. В филогенетических исследованиях изолятов BLV И. М. Донник, М. В. Петропавловского с соавторами (2018–2024 годы) было показано, что на территории Тюменской области доминантным является BLV генотипа 4 «бельгийский» (90 % образцов), минорным – BLV генотипа 7 «австралийский» (10 % образцов), однако ранее (2010 год) в регионе во всем поступавшем биоматериале выявляли генотип 7. Данные результаты свидетельствуют о смене геноварианта возбудителя [18].

Филогенетический анализ изолятов BLV ($n = 64$), полученных от крупного рогатого скота из обследованных животноводческих предприятий Тюменской области (группа 1), с применением технологий секвенирования целевого участка гена env gp51 установил, что исследуемые образцы в 62,2 % случаев относятся к BLV генотипа 4 «бельгийский», в 9,6 % случаев – к BLV генотипа 7 «австралийский». Для оценки степени вовлеченности в инфекционный процесс изучили серопозитивных к BLV животных в возрастном аспекте (таблица 1).

Как видно из данных, представленных в таблице 1, BLV генотип 7 «австралийский» был диагностирован у коров в возрасте от 4 до 6 лет, уровень инфицированности данным генотипом составлял 9,6 %.

Таблица 1
Долевое распределение инфицированных BLV генотипа 4 «бельгийский» и BLV генотипа 7 «австралийский» животных по возрасту (%), группа 1 – животноводческие предприятия Тюменской области

Генотип BLV	Коровы дойного стада голштинской породы местного и импортного разведения, $n = 62$ головы				
	2–3 года, $n = 12$ голов	4 года, $n = 20$ голов	5 лет, $n = 16$ голов	6 лет, $n = 8$ голов	7–9 лет, $n = 6$ голов
BLV генотип 4 «бельгийский»	19,3	29,1	24,2	8,2	9,6
BLV генотип 7 «австралийский»	–	3,2	1,6	4,8	–

Table 1
Age distribution of animals infected with BLV genotype 4 (Belgian) and BLV genotype 7 (Australian) (%), group 1 – livestock enterprises of the Tyumen region

BLV genotype	Dairy herd cows of the Holstein breed, locally bred and imported, $n = 62$ heads				
	2–3 years, $n = 12$ heads	4 years, $n = 20$ heads	5 years, $n = 16$ heads	6 years, $n = 8$ heads	7–9 years, $n = 6$ heads
BLV genotype 4 (Belgian)	19.3	29.1	24.2	8.2	9.6
BLV genotype 7 (Australian)	–	3.2	1.6	4.8	–

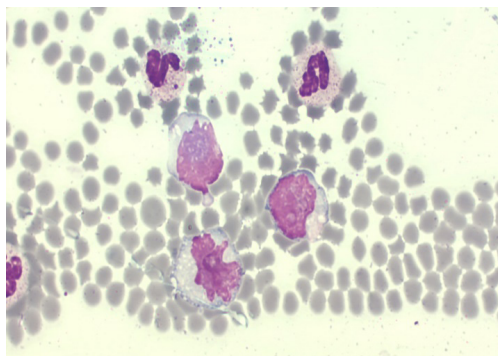


Рис. 1. Клетки крови коровы № 16.2 с алейкемической стадией BLV. Окрашивание по Романовскому – Гимзе, $\times 200$. Фото А. П. Порываевой, М. В. Петропавловского
Fig. 1. Blood cells of cow No. 16.2 with the aleukemic stage of BLV infection. Romanovsky – Giemsa stain, $\times 200$.

Photo by A. P. Poryvaeva, M. V. Petropavlovskiy

Клинический статус больных лейкозом коров группы 1 характеризовался, во-первых, отклонением показателя «упитанность» от диапазона нормативных значений (2,5–3,5) в среднем у 30 % животных. При этом у серопозитивных к BLV животных в два раза чаще выявляли признаки кахексии. Во-вторых, у 60 % всех обследованных животных регистрировали увеличение подвздошных лимфатических узлов, что могло быть связано с хроническими инфекционными и воспалительными процессами в брюшной полости. Также были обнаружены признаки вторичной остеодистрофии и метаболические нарушения.

Для определения стадии инфекционного процесса проводили гематологические исследования. В качестве критерия определения стадии BLV использовали «лейкозный ключ» (показатель абсолютного количества лимфоцитов) [19]. По результатам исследований было сформировано 4 группы. В 1-ю группу входили коровы, у которых показатели крови соответствовали физиологическим нормам вида; во 2-ю группу – коровы, у которых показатели крови отклонялись от физиологических норм вида не более чем на 10 % (пограничное состояние); в 3-ю – коровы с алейкемической стадией BLV (концентрация лейкоцитов от $14,0 \cdot 10^9/\text{л}$ до $25,0 \cdot 10^9/\text{л}$); в 4-ю – коровы с сублейкемической стадией BLV (концентрация лейкоцитов от $25,1 \cdot 10^9/\text{л}$ до $40,0 \cdot 10^9/\text{л}$). У особей, инфицированных BLV генотипа 7 «австралийский», показатели крови соответствовали физиологическим нормам вида ($n = 3$ головы) или пограничному состоянию ($n = 4$ головы). Клетки крови коров с алейкемической и сублейкемической стадиями представлены на рис. 1, 2.

Результаты гематологических исследований биопроб от инфицированных BLV животных группы 1 представлены в таблице 2.

У коров 3-й группы «Алейкемическая стадия», которые составляли 20,1 % от общего числа обследованных животных, наблюдался сдвиг лейкоцитарной формулы вправо в результате увеличения пула агранулоцитов – моноцитов и лимфоцитов. В 4-й груп-

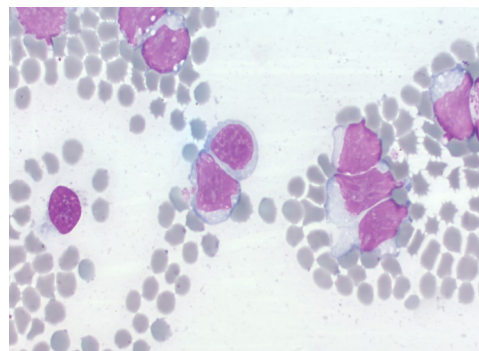


Рис. 2. Клетки крови коровы № 31.1 с сублейкемической стадией BLV. Окрашивание по Романовскому – Гимзе, $\times 200$. Фото А. П. Порываевой, М. В. Петропавловского
Fig. 2. Blood cells of cow No. 31.1 with the subleukemic stage of BLV infection. Romanovsky–Giemsa stain, $\times 200$.

Photo by A. P. Poryvaeva, M. V. Petropavlovskiy

пе «Сублейкемическая стадия» у животных данный сдвиг имеет несколько более выраженный характер.

Изменения в периферической крови свидетельствовали о патологических процессах различной степени интенсивности в организме обследованных коров. Результаты определения выраженности эндогенной интоксикации организма, активности воспалительного процесса и нарушения иммунологической реактивности у обследованных коров представлены в таблице 3.

В показателях красного ростка крови существенных различий между группами животных не установлено. Анализ результатов исследований показателей белого ростка крови установил, что независимо от BLV-статуса у коров в 40,9 % случаев регистрировали увеличение относительного количества эозинофилов в 1,5–3 раза. Вероятно, что это увеличение было обусловлено эндогенными факторами, которые негативно влияли на всех животных данного стада. Это предположение подтверждалось и тем фактом, что у 50 % коров, серонегативных к BLV, регистрировали умеренный лейкоцитоз ($13,35\text{--}14,09 \cdot 10^9/\text{л}$).

У инфицированных BLV коров в 31,8 % случаев гематологические показатели соответствовали физиологическим показателям вида (в таблице 2 – 1-я группа). Во 2-й группе «Пограничное состояние» доля коров, инфицированных BLV, составляла 13,6 %. Гематологические показатели также существенно не отличались от показателей серонегативных к BLV коров этой группы. В исследованиях И. М. Донник, М. И. Гулюкина с соавторами показано, что умеренный или незначительный лейкоцитоз у инфицированных коров свидетельствует о начале развития лейкозного процесса, при котором антигенная BLV-нагрузка на организм животного минимальная [21]. Полученные нами данные согласуются с результатами вышеперечисленных авторов, что позволяет утверждать, что у инфицированных BLV коров из групп 1 и 2 стадия лейкозного процесса может трактоваться как начальная [22].

Таблица 2

Гематологические показатели у обследованного крупного рогатого скота ($n = 62$), группа 1 – животноводческие предприятия Тюменской области

Гематологический показатель, референтные значения*	1-я группа «Физиологические показатели»**		2-я группа «Пограничное состояние»**		3-я группа «Алейкемическая стадия BLV»**	4-я группа «Сублейкемическая стадия BLV»**
	Инфицированные BLV коровы, $n = 20$	Неинфицированные коровы, $n = 5$	Инфицированные BLV коровы, $n = 13$	Неинфицированные коровы, $n = 5$	Инфицированные BLV коровы, $n = 14$	Инфицированные BLV коровы, $n = 5$
Эритроциты $5,0-10,0 \cdot 10^{12}/л$	7,21 $\pm$ 0,52	7,29 $\pm$ 0,74	6,31 $\pm$ 0,57	7,32 $\pm$ 0,78	6,65 $\pm$ 0,51	5,94 $\pm$ 0,65
Гемоглобин 90–120 г/л	106,8 $\pm$ 10,4	105,5 $\pm$ 9,5	93,8 $\pm$ 11,3	107,4 $\pm$ 8,8	101,1 $\pm$ 11,7	100 $\pm$ 10,4
Лейкоциты $4,5-12,0 \cdot 10^9/л$	10,54 $\pm$ 1,42	9,43 $\pm$ 1,07	13,85 $\pm$ 1,52	13,56 $\pm$ 1,31	19,81 $\pm$ 2,54	29,1 $\pm$ 1,53
Лимфоциты $2,5-7,5 \cdot 10^9/л$	5,14 $\pm$ 1,41	4,88 $\pm$ 0,62	7,05 $\pm$ 1,36	6,32 $\pm$ 0,92	11,66 $\pm$ 2,11	21,5 $\pm$ 1,09
Нейтрофилы юные 0–1 %	0	0	0,16 $\pm$ 0,14	0	0	0
Нейтрофилы палочкоядерные 2–5 %	0,86 $\pm$ 0,07	1,0 $\pm$ 0,13	1,0 $\pm$ 0,10	1,4 $\pm$ 0,31	2,0 $\pm$ 0,27	1,0 $\pm$ 0,12
Нейтрофилы сегментоядерные 15–35 %	31,8 $\pm$ 1,1	35,8 $\pm$ 1,4	33,8 $\pm$ 1,6	32,6 $\pm$ 1,3	28,5 $\pm$ 2,4	20,5 $\pm$ 2,1
Эозинофилы 5–11 %	15,4 $\pm$ 1,4	11,5 $\pm$ 0,9	15,6 $\pm$ 1,7	11,8 $\pm$ 1,5	8,3 $\pm$ 1,9	10,25 $\pm$ 2,3
Базофилы 0–2 %	0,71 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,8	0,66 $\pm$ 0,32	1,0 $\pm$ 0,9	0,60 $\pm$ 0,29	1,0 $\pm$ 0,81
Моноциты 2–7 %	2,38 $\pm$ 0,31	4,5 $\pm$ 0,27	4,33 $\pm$ 0,61	3,2 $\pm$ 0,42	3,3 $\pm$ 0,39	2,5 $\pm$ 0,72
Лимфоциты 40–75 %	48,9 $\pm$ 3,7	46,3 $\pm$ 2,9	44,3 $\pm$ 2,8	50,0 $\pm$ 3,6	57,3 $\pm$ 3,9	64,8 $\pm$ 4,2

Примечание. * [20]

** Средние значения показателей по обследованной группе животных.

Table 2

Hematological parameters in the examined cattle ($n = 62$), group 1 – livestock enterprises of the Tyumen region

Hematological parameter, reference values*	1st group "Physiological parameters"***		2nd group "Borderline state"***		3rd group "Aleukemic stage of BLV"***	4th group "Subleukemic stage of BLV"***
	BLV-infected cows, $n = 20$	Non-infected cows, $n = 5$	BLV-infected cows, $n = 13$	Non-infected cows, $n = 5$	BLV-infected cows, $n = 14$	BLV-infected cows, $n = 5$
Erythrocytes $5.0-10.0 \cdot 10^{12}/L$	7.21 $\pm$ 0.52	7.29 $\pm$ 0.74	6.31 $\pm$ 0.57	7.32 $\pm$ 0.78	6.65 $\pm$ 0.51	5.94 $\pm$ 0.65
Hemoglobin 90–120 g/L	106.8 $\pm$ 10.4	105.5 $\pm$ 9.5	93.8 $\pm$ 11.3	107.4 $\pm$ 8.8	101.1 $\pm$ 11.7	100 $\pm$ 10.4
Leukocytes $4.5-12.0 \cdot 10^9/L$	10.54 $\pm$ 1.42	9.43 $\pm$ 1.07	13.85 $\pm$ 1.52	13.56 $\pm$ 1.31	19.81 $\pm$ 2.54	29.1 $\pm$ 1.53
Lymphocytes $2.5-7.5 \cdot 10^9/L$	5.14 $\pm$ 1.41	4.88 $\pm$ 0.62	7.05 $\pm$ 1.36	6.32 $\pm$ 0.92	11.66 $\pm$ 2.11	21.5 $\pm$ 1.09
Neutrophils. juvenile 0–1 %	0	0	0.16 $\pm$ 0.14	0	0	0
Neutrophils. band 2–5 %	0.86 $\pm$ 0.07	1.0 $\pm$ 0.13	1.0 $\pm$ 0.10	1.4 $\pm$ 0.31	2.0 $\pm$ 0.27	1.0 $\pm$ 0.12
Neutrophils. segmented 15–35 %	31.8 $\pm$ 1.1	35.8 $\pm$ 1.4	33.8 $\pm$ 1.6	32.6 $\pm$ 1.3	28.5 $\pm$ 2.4	20.5 $\pm$ 2.1

<i>Eosinophils</i> 5–11 %	15.4 ±1.4	11.5 ±0.9	15.6 ±1.7	11.8 ±1.5	8.3 ±1.9	10.25 ±2.3
<i>Basophils</i> 0–2 %	0.71 ±0.05	1.0 ±0.8	0.66 ±0.32	1.0 ±0.9	0.60 ±0.29	1.0 ±0.81
<i>Monocytes</i> 2–7 %	2.38 ±0.31	4.5 ±0.27	4.33 ±0.61	3.2 ±0.42	3.3 ±0.39	2.5 ±0.72
<i>Lymphocytes</i> 40–75 %	48.9 ±3.7	46.3 ±2.9	44.3 ±2.8	50.0 ±3.6	57.3 ±3.9	64.8 ±4.2

Note. * [20]

** Mean values for the examined group of animals.

Таблица 3

Показатели лейкоцитарных индексов у обследованных коров (n = 62), группа 1 – животноводческие предприятия Тюменской области

Лейкоцитарный индекс, референтные значения*	Неинфицированные коровы, n = 10	Инфицированные BLV коровы			
		1-я группа «Физиологические показатели», n = 20	2-я группа «Пограничное состояние», n = 13	3-я группа «Алейкемическая стадия BLV», n = 14	4-я группа «Сублейкемическая стадия BLV», n = 5
ЛИИ 0,40–0,62 у. е.	0,63 ±0,05	0,68 ±0,07	0,74 ±0,09	0,76 ±0,12	0,75 ±0,19
ИСЛК 0,61–0,85 у. е.	0,73 ±0,11	0,69 ±0,09	0,86 ±0,13	1,14 ±0,16	1,23 ±0,21
ЛИ 1,29–1,87 у. е.	1,49 ±0,32	1,38 ±0,39	1,56 ±0,37	1,92 ±0,29	2,37 ±0,36
ЯИ 0,17–0,31 у. е.	0,28 ±0,08	0,22 ±0,09	0,27 ±0,07	0,15 ±0,09	0,13 ±0,05

Примечание. * По данным [15].

Table 3

Leukocyte index values in the examined cows (n = 62), group 1 – livestock enterprises of the Tyumen region

Leukocyte index, reference values*	Non-infected cows, n = 10	BLV-infected cows			
		1st group "Physiological parameters", n = 20	2nd group "Borderline state", n = 13	3rd group "Aleukemic stage of BLV", n = 14	4th group "Subleukemic stage of BLV", n = 5
LIIR 0.40–0.62 arb. units	0.63 ±0.05	0.68 ±0.07	0.74 ±0.09	0.76 ±0.12	0.75 ±0.19
LSI 0.61–0.85 arb. units	0.73 ±0.11	0.69 ±0.09	0.86 ±0.13	1.14 ±0.16	1.23 ±0.21
LI 1.29–1.87 arb. units	1.49 ±0.32	1.38 ±0.39	1.56 ±0.37	1.92 ±0.29	2.37 ±0.36
DNI 0.17–0.31 arb. units	0.28 ±0.08	0.22 ±0.09	0.27 ±0.07	0.15 ±0.09	0.13 ±0.05

Note. * According to [15].

Необходимо отметить, что достоверных различий в гематологических показателях коров, инфицированных BLV генотипа 4 «бельгийский», и коров, инфицированных BLV генотипа 7 «австралийский», у которых диагностировали начальную стадию лейкозного процесса, не регистрировали (рис. 3.1, 3.2).

При сопоставлении индивидуальных лейкоцитарных индексов было установлено, что у неинфицированных коров в 12,9 % случаев регистрировали нормоэргическое состояние, в 3 % случаев диагностировали легкую степень эндогенной интоксика-

ции. У инфицированных BLV коров нормоэргическое состояние определяли в 6,3 % случаев; легкую степень эндогенной интоксикации – в 27,4 % случаев. Среднюю степень эндогенной интоксикации с активным течением воспалительного процесса в организме регистрировали в 44,1 % случаев. В 6,3 % случаев сопоставление гематологических индексов интерпретировали как тяжелую степень эндогенной интоксикации с активным течением воспалительного процесса, напряжением в системе гемопоза и дисбалансом в реакциях клеточного и гуморального звена иммунитета.

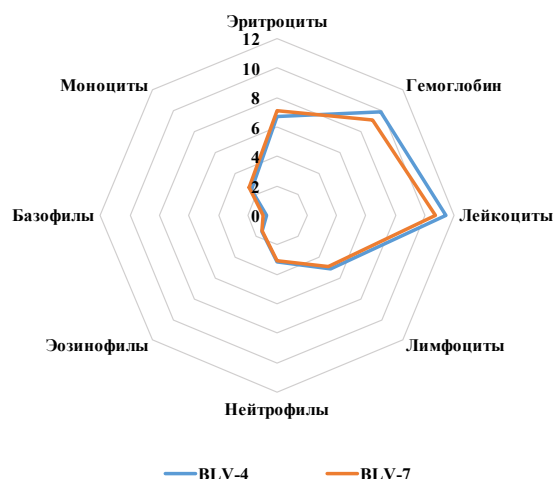


Рис. 3.1. Гемограмма* коров с начальной стадией лейкозного процесса.
1-я группа «Физиологические показатели»

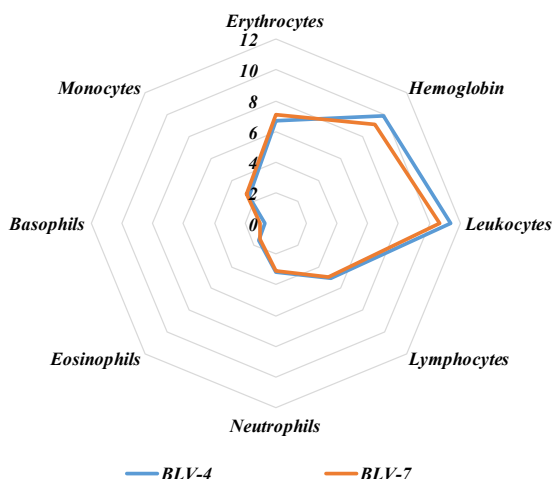


Fig. 3.1. Hemogram* of cows with the initial stage of the leukemic process. 1st group "Physiological parameters"

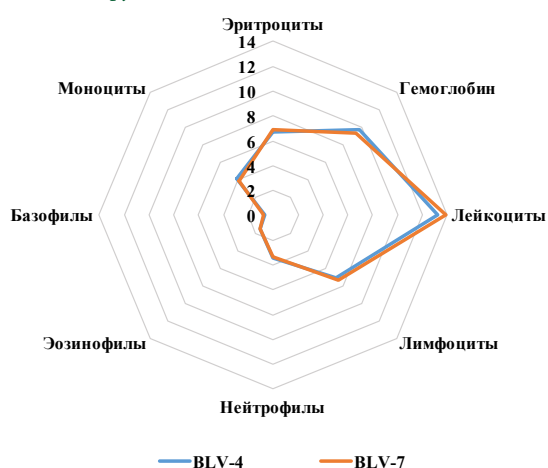


Рис. 3.2. Гемограмма* коров с начальной стадией лейкозного процесса.
2-я группа «Пограничное состояние»

* Эритроциты, $\times 10^{12}/л$; гемоглобин, $\times 10^3/л$; лейкоциты, $\times 10^9/л$; лимфоциты, $\times 10^9/л$; нейтрофилы сегментоядерные, $\times 10^1$ %; эозинофилы, $\times 10^1$ %; базофилы, %; моноциты, %

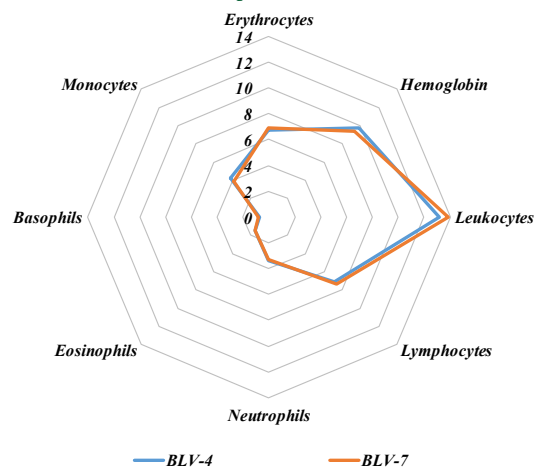
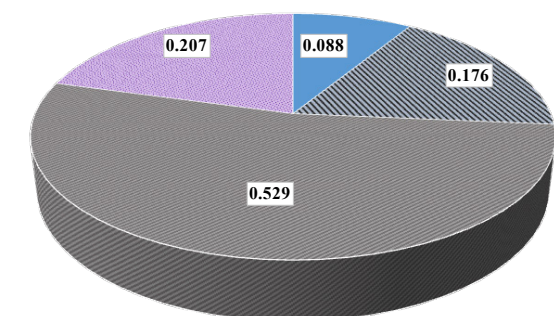


Fig. 3.2. Hemogram* of cows with the initial stage of the leukemic process. 2nd group "Borderline state"
* Erythrocytes, $\times 10^{12}/L$; hemoglobin, $\times 10^3/l$; leukocytes, $\times 10^9/L$; lymphocytes, $\times 10^9/L$; segmented neutrophils, $\times 10^1$ %; eosinophils, $\times 10^1$ %; basophils, %; monocytes, %

Выводы о состоянии организма обследованных коров подтверждаются анализом результатов иммунологического статуса. Так, у неинфицированных коров соотношение клеточного и гуморального иммунитета соответствовало физиологическим показателям вида. У инфицированных BLV коров вне зависимости от стадии заболевания отмечали различной степени отклонения в Т-/В-клеточном звене иммунитета (рис. 4).

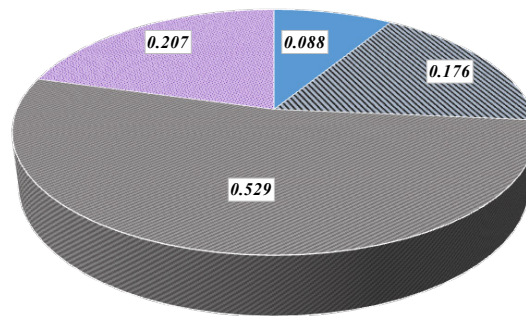
Данные «отклонения» имели разнонаправленный характер. В 8,8 % случаев индекс Т/В (ИРИ, у. е., физиологическая норма 1,5–2,0) был 1,1–1,2 у. е. В 20,6 % случаев индекс Т/В определяли в интервале от 2,5 у. е. до 3,8 у. е. В 52,9 % случаев соотношение Т/В-клеток находилось на верхней границе физиологической нормы вида 1,9–2,1 у. е. И только у 17,6 % животных индекс Т/В определяли в диапазоне физиологической нормы вида.

Как известно, BLV имеет выраженный тропизм к субпопуляциям Т-клеток ($CD2^+$, $CD3^+$, $CD4^+$, $CD8^+$) и В-клеток ($CD5^+$ и $CD5^+ IgM^+$), моноцитам периферической крови и лимфоидных тканей крупного рогатого скота. По мере развития инфекционного процесса происходят нарушения дифференцировки, созревания и апоптоза иммунных клеток, что приводит к изменению в соотношении популяций и субпопуляций иммунокомпетентных клеток. Субпопуляция $CD5^+ IgM^+$ В-клеток больше всего подвержена поликлональной экспансии при прогрессировании стадий патологического состояния у инфицированных лейкозом животных. Одним из характерных признаков дисфункции В-клеток при лейкозе служат нарушения и изменения в мембраносвязанных рецепторах, которые участвуют в распознавании чужеродных антигенных детерминант. Следствием данной дисфункции является ингибция синтеза специфических иммуноглобулинов [7; 23].



■ ИРИ 1,1–1,2 у. е. ■ ИРИ 1,5–1,7 у. е. ■ ИРИ 1,9–2,1 у. е. ■ ИРИ 2,5–3,8 у. е.

Рис. 4. Показатели иммунорегуляторного индекса ($ИРИ = \frac{T_{\text{клетки}}}{B_{\text{клетки}}}$) у коров, инфицированных BLV. Группа 1 – животноводческие предприятия Тюменской области



■ ИРИ 1,1–1,2 arb. units ■ ИРИ 1,5–1,7 arb. units ■ ИРИ 1,9–2,1 arb. units ■ ИРИ 2,5–3,8 arb. units

Fig 4. Immunoregulatory index ($IRI = T \text{ cells} / B \text{ cells}$) values in BLV-infected cows. Group 1 – livestock enterprises of the Tyumen region

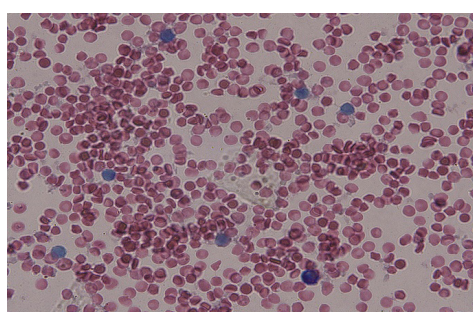


Рис. 5. В-клетки коровы № 0828 (неинфицированной BLV). Окрашивание по Романовскому – Гимзе, $\times 100$. Фото А. П. Порываевой

Fig. 5. B cells of cow No. 0828 (non-infected with BLV). Romanowsky – Giemsa stain, $\times 100$. Photo by A. P. Poryvaeva

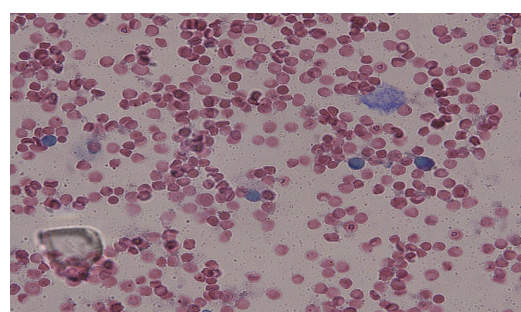


Рис. 6. В-клетки коровы № 0711 (инфицированной BLV, группа 2). Окрашивание по Романовскому – Гимзе, $\times 100$. Фото А. П. Порываевой

Fig. 6. B cells of cow No. 0711 (BLV-infected, group 2). Romanowsky – Giemsa stain, $\times 100$. Photo by A. P. Poryvaeva

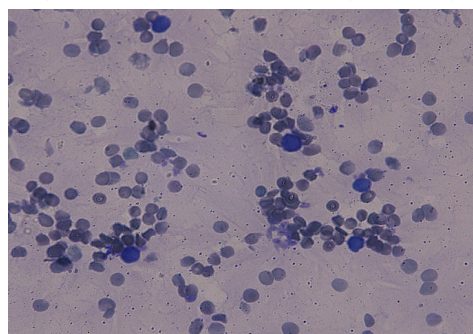


Рис. 7. В-клетки коровы № 0813 (алейкемическая стадия BLV, группа 3). Окрашивание по Романовскому – Гимзе, $\times 100$. Фото А. П. Порываевой

Fig. 7. B cells of cow No. 0813 (aleukemic stage of BLV, group 3). Romanowsky – Giemsa stain, $\times 100$. Photo by A. P. Poryvaeva

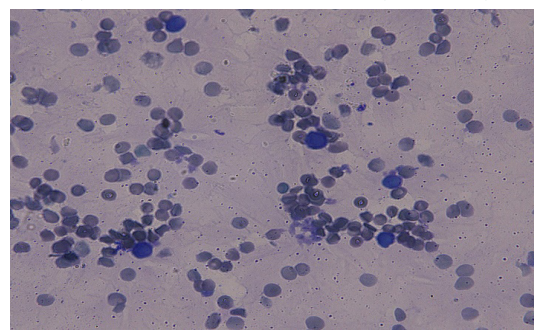


Рис. 8. В-клетки коровы № 90318 (сублейкемическая стадия BLV, группа 4). Окрашивание по Романовскому – Гимзе, $\times 100$. Фото А. П. Порываевой

Fig. 8. B cells of cow No. 90318 (subleukemic stage of BLV, group 4). Romanowsky – Giemsa stain, $\times 100$. Photo by A. P. Poryvaeva

Рассматривая с этой позиции реакцию розеткообразования как самый доступный маркер для изучения мембраносвязанных рецепторов В-клеток в клинической лабораторной практике, были отмечены следующие особенности. У инфицированных BLV коров из 1-й группы «Физиологические показатели» и 2-й группы «Пограничное состояние» долевое распределение В-клеток по мембраносвязанным рецепторам существенно не различалось. Доля 3-лепестковых розеток составляла 12–14 %; 4-5-6-лепестковых розеток – 73–80 %; доля

7-лепестковых розеток и розеток-морул – 8–13 %. У животных в алейкемической стадии доля 3-лепестковых розеток не превышала 20 %, основную массу составляли 4-5-6-лепестковые розетки (до 70 %), доля 7-лепестковых розеток и розеток-морул – около 10 %. У обследованных инфицированных BLV коров в сублейкемической стадии преобладали 3-лепестковые розетки (до 55 %), 4-лепестковые розетки составляли до 30 %, 5-лепестковые розетки – не более 10 %, 6–7-лепестковые розетки и розетки-морулы – в единичных случаях (рис. 5–8).

В группе 2 (предприятия Краснодарского края) инфицированность обследованных коров BLV генотипа 4 «бельгийский» составляла 100 %. Клинический статус больных лейкозом коров группы 2 характеризовался снижением показателя «упитанность» до 2,0 у. е. (нормативные значения 2,5–3,5 у.е.) у 35 % животных. В 10 % случаев у больных коров диагностировали симптомы кахексии. Увеличение поверхностных лимфатических узлов у обследованных животных регистрировали

в 65 % случаев; признаки вторичной остеодистрофии и метаболические нарушения – в 45 % случаев.

Анализ сопоставления основных показателей гемограммы показал, что лейкозом в алейкемической стадии страдали 70 % обследованных животных, в сублейкемической стадии – 25 %; в лейкокемической стадии – 5 % (1 корова, возраст 5 лет). Средние гематологические показатели в разрезе возрастных групп представлены в таблице 4.

Таблица 4

Гематологические показатели у коров, инфицированных BLV генотипа 4 «бельгийский» ($n = 20$) в возрастном аспекте, группа 2 – животноводческие предприятия Краснодарского края

Гематологический показатель, референтные значения*	Алейкемическая стадия**		Сублейкемическая стадия**	Лейкемическая стадия***
	Коровы, возраст 3 года, $n = 8$	Коровы, возраст 4–10 лет, $n = 6$	Коровы, возраст 2–7 лет, $n = 5$	Корова, возраст 5 лет, $n = 1$
Эритроциты $5,0-10,0 \cdot 10^{12}/л$	$6,69 \pm 0,73$	$6,38 \pm 0,69$	$5,79 \pm 0,72$	6,34
Гемоглобин $90-120$ г/л	$79,9 \pm 4,3$	$84,3 \pm 5,7$	$78,6 \pm 4,9$	91,0
СОЭ $0,5-1,0$ мм/час	$6,14 \pm 0,42$	$6,40 \pm 0,47$	$8,20 \pm 0,24$	8,0
Лейкоциты $4,5-12,0 \cdot 10^9/л$	$22,99 \pm 8,27$	$23,9 \pm 5,41$	$32,48 \pm 7,12$	49,3
Лимфоциты, $40-75$ %	$78,71 \pm 3,26$	$78,5 \pm 4,67$	$72,48 \pm 3,58$	73,0
Моноциты $2-7$ %	$1,90 \pm 0,92$	$1,70 \pm 0,89$	$1,90 \pm 0,45$	2,2
Эозинофилы $5-11$ %	$0,25 \pm 0,10$	$0,17 \pm 0,09$	$8,3 \pm 0,91$	0
Гранулоциты $18-42$ %	$20,7 \pm 4,2$	$21,1 \pm 2,9$	$17,84 \pm 2,8$	24,8

Примечание. * По данным [20].

** Средние значения показателей по обследованной группе животных.

*** Абсолютное значение показателя у обследованного животного.

Table 4

Hematological parameters in cows infected with BLV genotype 4 (Belgian) ($n = 20$) in the age aspect, group 2 – livestock enterprises of the Krasnodar Krai

Hematological parameter, reference values*	Aleukemic stage**		Subleukemic stage**	Leukemic stage***
	Cows, age 3 years, $n = 8$	Cows, age 4–10 years, $n = 6$	Cows, age 2–7 years, $n = 5$	Cow, age 5 years, $n = 1$
Erythrocytes $5.0-10.0 \cdot 10^{12}/L$	6.69 ± 0.73	6.38 ± 0.69	5.79 ± 0.72	6.34
Hemoglobin $90-120$ g/L	79.9 ± 4.3	84.3 ± 5.7	78.6 ± 4.9	91.0
ESR $0.5-1.0$ mm/h	6.14 ± 0.42	6.40 ± 0.47	8.20 ± 0.24	8.0
Leukocytes $4.5-12.0 \cdot 10^9/L$	22.99 ± 8.27	23.9 ± 5.41	32.48 ± 7.12	49.3
Lymphocytes $40-75$ %	78.71 ± 3.26	78.5 ± 4.67	72.48 ± 3.58	73.0
Monocytes $2-7$ %	1.90 ± 0.92	1.70 ± 0.89	1.90 ± 0.45	2.2
Eosinophils $5-11$ %	0.25 ± 0.10	0.17 ± 0.09	8.3 ± 0.91	0
Granulocytes $18-42$ %	20.7 ± 4.2	21.1 ± 2.9	17.84 ± 2.8	24.8

Note. According to * [20].

** Mean values for the examined group of animals.

*** Absolute value of the parameter in the examined animal.

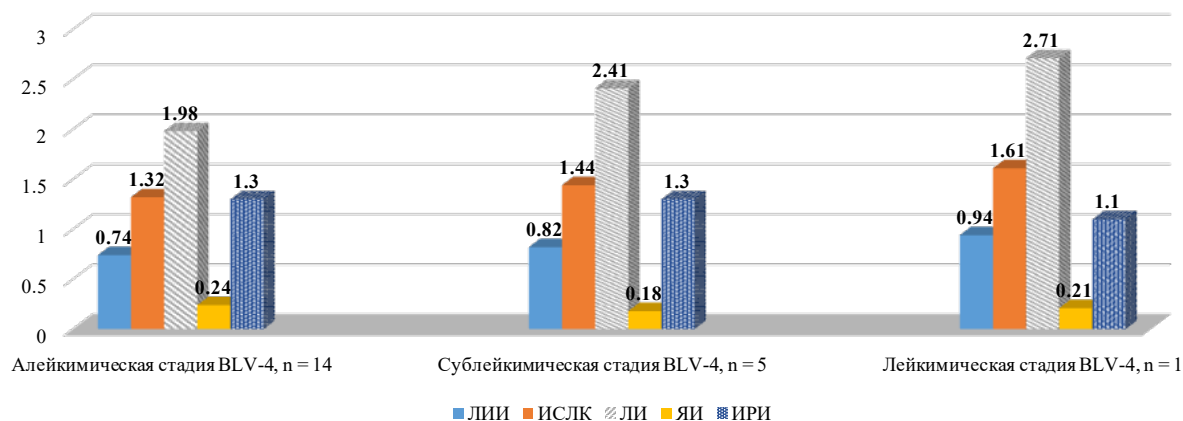


Рис. 9. Показатели лейкоцитарных индексов у коров группы 2 – животноводческие предприятия Краснодарского края. Референтные значения ЛИИ 0,40–0,62 у. е.; ИСЛК 0,61–0,85 у. е.; ЛИ 1,29–1,87 у. е.; ЯИ 0,17–0,31 у. е. [16]

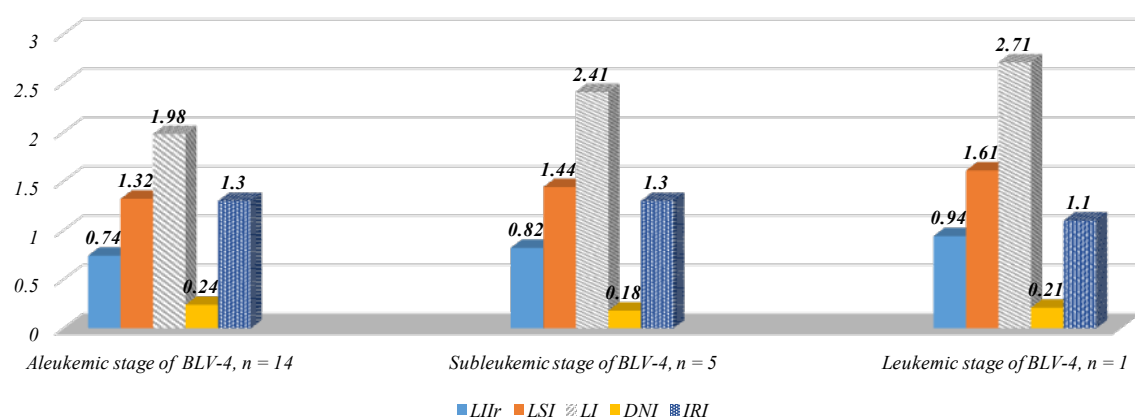


Fig. 9. Leukocyte index values in cows of group 2 – livestock enterprises of the Krasnodar Krai. Reference values: LIIr 0.40–0.62 arb. units; LSI 0.61–0.85 arb. units; LI 1.29–1.87 arb. units; DNI 0.17–0.31 arb. units [16]

У всех обследованных коров регистрировали снижение концентрации гемоглобина на 19,7–25,1 % относительно среднего физиологического показателя вида. Одновременно с этим отмечали увеличение скорости оседания эритроцитов в 6–8 раз. При сравнении гематологических показателей отмечали сдвиг лейкоцитарной формулы вправо, который был более выраженным у животных с сублейкемической стадией лейкоза. Выявленные изменения свидетельствовало о выраженной воспалительной реакции и о нарушениях в неспецифической защите организма, в частности в системе фагоцитоза [24].

Результаты исследования выраженности эндогенной интоксикации организма, активности воспалительного процесса и нарушения иммунологической реактивности у коров группы 2 представлены на рис. 9.

У коров данной группы в 90 % случаев диагностировали среднюю степень эндогенной интоксикации с активным течением воспалительного процесса в организме, напряжением в системе гемопоэза и дисбалансом в реакциях клеточного и гуморального звена иммунитета; в 10 % случаев – тяжелую степень эндогенной интоксикации с напряжением в системе гемопоэза и выраженным дисбалансом в

пуле субпопуляций иммунокомпетентных клеток. Необходимо отметить, что у данных животных вне зависимости от стадии заболевания в долевом распределении Т-клеток по мембраносвязанным рецепторам преобладали 3-лепестковые розетки (до 65 %); 4-лепестковые розетки составляли до 20 %; 5-лепестковые розетки не более 13 %; 6-7-лепестковые розетки и розетки-морюлы – в единичных случаях. Аналогичную тенденцию наблюдали и в долевом распределении В-клеток по мембраносвязанным рецепторам: 3-лепестковые розетки – до 55 %, 4-лепестковые розетки – до 40 %, 5-лепестковые розетки и 6-7-лепестковые розетки – до 5 %, розетки-морюлы отсутствовали.

Группа 3 была скомплектована из 11 голов крупного рогатого скота, принадлежащего животноводческим предприятиям Свердловской области. Инфицированность обследованного поголовья BLV составляла 100 %. Как описывалось ранее в разделе «Методология и методы исследования», данный инфицированный скот был бесконтрольно завезен в животноводческие предприятия из неблагополучных по лейкозу КРС административных территорий: 3 быка в возрасте 16 месяцев для откорма; нетели и коровы (8 голов) голштинской породы местного разведения. При клиническом осмотре больного

лейкозом крупного рогатого скота группы 3 показатель упитанности соответствовал нормативным половозрастным значениям вида. Увеличение подвздошных лимфатических узлов, признаки вторичной остеодистрофии и метаболические нарушения регистрировали только у коров в 36,4 % случаев.

Генетический анализ изолятов вируса лейкоза ($n = 11$), выделенных от данных животных методом полиморфизма длин рестрикционных фраг-

ментов (RFLP) установил, что 4 изолята (36,4 %) идентифицируются как BLV генотипа 4 «бельгийский», 7 изолятов (63,6 %) – как BLV генотипа 7 «австралийский».

При сопоставлении основных гематологических показателей было показано, что существенных различий между показателями у животных, инфицированных BLV указанных генотипов, не наблюдалось (таблица 5).

Таблица 5

Гематологические показатели у крупного рогатого скота, инфицированного BLV, группа 3 – животноводческие предприятия Свердловской области

Гематологический показатель*	Инфицированный BLV крупный рогатый скот	
	4 генотип «бельгийский», $n = 4$	7 генотип «австралийский», $n = 7$
Эритроциты 5,0–10,0 · 10 ¹² /л	8,1 ± 0,9	7,6 ± 0,7
Гемоглобин 90–120 г/л	102,8 ± 2,7	98,9 ± 5,3
Лейкоциты 4,5–12,0 · 10 ⁹ /л	13,27 ± 1,09	13,41 ± 1,23
Лимфоциты 2,5–7,5 · 10 ⁹ /л	7,96 ± 0,98	9,04 ± 0,92
Нейтрофилы юные 0–1 %	0	0
Нейтрофилы палочкоядерные 2–5 %	1,0 ± 0,9	1,0 ± 0,9
Нейтрофилы сегментоядерные 15–35 %	19,5 ± 2,8	24,1 ± 2,3
Эозинофилы 5–11 %	3,25 ± 0,9	4,0 ± 0,7
Базофилы 0–2 %	0,75 ± 0,1	0,85 ± 0,2
Моноциты 2–7 %	1,75 ± 0,92	2,11 ± 0,95
Лимфоциты 40–75 %	74,5 ± 3,7	73,9 ± 2,9

Примечание. * Иммуноморфологические показатели животных в разных экологических зонах Уральского региона: рекомендации [25].

Table 5

Hematological parameters in cattle infected with BLV, group 3 – livestock enterprises of the Sverdlovsk region

Hematological parameter*	BLV-infected cattle	
	Genotype 4 (Belgian) $n = 4$	Genotype 7 (Australian) $n = 7$
Erythrocytes 5.0–10.0 · 10 ¹² /L	8.1 ± 0.9	7.6 ± 0.7
Hemoglobin 90–120 g/L	102.8 ± 2.7	98.9 ± 5.3
Leukocytes 4.5–12.0 · 10 ⁹ /L	13.27 ± 1.09	13.41 ± 1.23
Lymphocytes 2.5–7.5 · 10 ⁹ /L	7.96 ± 0.98	9.04 ± 0.92
Neutrophils, juvenile 0–1 %	0	0
Neutrophils, band 2–5 %	1.0 ± 0.9	1.0 ± 0.9
Neutrophils, segmented 15–35 %	19.5 ± 2.8	24.1 ± 2.3
Eosinophils 5–11 %	3.25 ± 0.9	4.0 ± 0.7
Basophils 0–2 %	0.75 ± 0.1	0.85 ± 0.2
Monocytes 2–7 %	1.75 ± 0.92	2.11 ± 0.95
Lymphocytes 40–75 %	74.5 ± 3.7	73.9 ± 2.9

Note. * Immunomorphological parameters of animals in different ecological zones of the Ural region: recommendations [25].

Анализ результатов исследования крови инфицированных животных показал, что у данных особей стадия заболевания соответствует алейкемической.

При сопоставлении основных лейкоцитарных индексов было показано, что в обследованной группе животных диагностируется средняя степень эндогенной интоксикации с напряжением в системе гемопоэза и дисбалансом в реакциях клеточного и гуморального звена иммунитета: $ЛИИ_p - 0,73 \pm 0,14$ у. е.; $ИСЛК - 0,91 \pm 0,09$ у. е.; $ЛИ - 1,93 \pm 0,13$ у. е.; $ЯИ - 0,14 \pm 0,07$ у. е.

У животных, инфицированных BLV генотипа 4 «бельгийский», изменения в субпопуляции иммунокомпетентных клеток выявляли в 18,2 % случаев только в пуле В-клеток: относительное количество 17–18 %, абсолютное количество $(1,25...1,29) \times 10^9/л$. В долевого распределении по мембраносвязанным рецепторам преобладают В-клетки (72 %), образующие 3-лепестковые розетки и 4-лепестковые розетки в реакции спонтанного розеткообразования. У крупного рогатого скота, инфицированного BLV генотипа 7 «австралийский», подобную супрессию В-клеточного звена иммунитета регистрировали в 18,2 % случаев. В 36,3 % случаев диагностировали супрессию Т-клеточного звена: снижение относительного количества Т в 1,5–1,6 раза по сравнению с физиологической нормой вида (40–60 %); признаки дисфункции – образование 3-лепестковых розеток в 45–52 % случаев.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ результатов выполненных комплексных исследований по изучению генетической вариабельности возбудителя BLV на территории субъектов и патогенетических особенностей течения лейкоза у восприимчивых животных позволил сделать следующие выводы.

В результате комплексного исследования получены новые данные о влиянии генетической вариабельности вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV) на клинико-иммунологический статус инфицированных животных в различных регионах Российской Федерации.

На территориях обследованных хозяйств Тюменской и Свердловской областей идентифицирована циркуляция двух генотипов BLV: генотипа 4 («бельгийский») и генотипа 7 («австралийский»). В Тюменской области доминирует генотип 4, тогда как в Свердловской области чаще выявлялся генотип 7. В Краснодарском крае возбудитель был представлен исключительно генотипом 4. Эти данные подтверждают факт одновременной циркуляции разных геновариантов вируса и региональные особенности их распространения.

На сопоставимых стадиях заболевания (начальная и алейкемическая) существенных различий в основных гематологических показателях (содержание эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, лейкограм-

ма) между животными, инфицированными разными генотипами BLV, не установлено, что свидетельствует об общности патогенетических механизмов, запускаемых вирусом независимо от его генотипической принадлежности на данных этапах.

При этом установлено, что инфицирование генотипом 4 ассоциируется с более широким спектром клинических проявлений и большей долей животных с развитыми стадиями патологии (алейкемическая – 46,4 %, сублейкемическая – 14,5 %), в то время как у животных, инфицированных генотипом 7, заболевание в 50 % случаев протекало в начальной стадии, в 50 % – в алейкемической, что может указывать на потенциальные различия в вирулентности или динамике развития инфекционного процесса.

Ключевым результатом исследований является демонстрация того, что степень иммунологического дисбаланса более четко коррелирует со стадией лейкозного процесса, чем с конкретным генотипом вируса. По мере прогрессирования заболевания от начальной к сублейкемической и лейкемической стадиям закономерно нарастают: выраженность эндогенной интоксикации (по индексам $ЛИИ_p$, $ЯИ$), напряжение и дисбаланс в системе гемопоэза (по индексу $ИСЛК$), нарушение соотношения клеточного и гуморального иммунитета (по индексу $ЛИ$ и иммунорегуляторному индексу), глубокие дисфункции в В-клеточном звене, проявляющиеся в изменении спектра мембраносвязанных рецепторов (сдвиг в сторону преобладания 3-лепестковых розеток).

Исследование подтвердило высокую информативность совместного использования молекулярно-генетических методов (ПЦР, секвенирование) для мониторинга генотипов BLV, развернутого гематологического анализа и расчета интегральных лейкоцитарных индексов для объективной оценки тяжести интоксикации и воспаления, методов оценки клеточного иммунитета (розеткообразование) для выявления доклинических нарушений иммунорегуляции.

Полученные результаты вносят вклад в понимание патофизиологии лейкоза, подчеркивая центральную роль прогрессирующей иммунной дисфункции в развитии заболевания. Практическая ценность работы заключается в обосновании целесообразности внедрения комплекса иммуногематологических исследований и расчета лейкоцитарных индексов в систему мониторинга инфицированных стад. Это позволит не только выявлять животных с активным патологическим процессом, но и оценивать общую напряженность эпизоотической ситуации в хозяйстве, что является важным для планирования и повышения эффективности оздоровительных мероприятий.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением молекулярных механизмов, лежащих в основе выявленных иммунологических нарушений при инфицировании разными генотипами

BLV, а также с проведением лонгитюдных исследований для оценки влияния геноварианта вируса на скорость прогрессирования заболевания и риск развития лимфосаркомы [26].

Библиографический список

1. Bartlett P. C., Sordillo L. M., Byrem T. M. Options for the control of bovine leukemia virus in dairy cattle // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2014. No. 244. Pp. 914–922. DOI: 10.2460/javma.244.8.914.
2. Kobayashi S., Tsutsui T., Yamamoto T., et al. Risk factors associated with within-herd transmission of bovine leukemia virus on dairy farms in Japan // *BMC Veterinary Research*. 2010. Vol. 6, No 1. DOI: 10.1186/1746-6148-6-1.
3. Murakami K., Kobayashi S., Konishi M. et al. Nationwide survey of bovine leukemia virus infection among dairy and beef breeding cattle in Japan from 2009–2011 // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2013. No. 75(8). Pp. 1123–1126. DOI: 10.1292/jvms.12-0374.
4. Manaa E., Marawan M., Abdelhady A., Selim A. Association between bovine leukemia virus infection, reproductive performance and milk production in water buffaloes and dairy cattle in Egypt // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020. No. 8. Pp. 1109–1113. DOI: 10.17582/journal.aavs/2020/8.11.1109.1113.
5. Gillet N., Florins A., Boxus M., et al. Mechanisms of leukemogenesis induced by bovine leukemia virus: Prospects for novel anti-retroviral therapies in human // *Retrovirology*. 2007. No. 4. Article number 18. DOI: 10.1186/1742-4690-4-18.
6. Frie M. C., Coussens P. M. Bovine leukemia virus: A major silent threat to proper immune responses in cattle // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2015. No. 163. Pp. 103–114. DOI: 10.1016/j.vetimm.2014.11.014.
7. Aida Y., Murakami H., Takahashi M., Takeshima S. N. Mechanisms of pathogenesis induced by bovine leukemia virus as a model for human T-cell leukemia virus // *Frontiers in Microbiology*. 2013. No. 4. Article number 328. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00328.
8. Sultanov A., Rola-Łuszczak M., Mamanova S., Ryło A. Molecular characterization of Bovine Leukemia Virus with the evidence of a new genotype circulating in cattle from Kazakhstan // *Pathogens*. 2022. Vol. 11, No. 2. 180. DOI: 10.3390/pathogens11020180.
9. Fujii Y., et al. Infection with bovine leukemia virus belonging to group A or B-1 contributes more strongly to the development of enzootic bovine leukosis in young cattle than the presence of bovine lymphocyte antigen-DRB3 susceptibility alleles // *Archives of Virology*. 2024. No. 169. Article number 171. DOI: 10.1007/s00705-024-06102-7.
10. Menin A., Bueno N. M. M., Hindlmayer M. E., et al. BLV coinfection impairs immunity and diagnostics in bovine tuberculosis // *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15, No. 1. Article number 30286. DOI: 10.1038/s41598-025-13121-0.
11. Донник И. М., Петропавловский М. В., Макутина В. А. [и др.] Современная ситуация по распространению лейкоза крупного рогатого скота в Российской Федерации // *Ветеринария*. 2024. № 11. С. 18–22. DOI: 10.30896/0042-4846.2024.27.11.18-22.
12. Староселов М. А., Черкашин В. В., Схатум А. К., Тыщенко К. А., Трибурт А. В. Тихонов С. В., Горпинченко Е. А. Динамика и территориальная приуроченность лейкоза крупного рогатого скота в Краснодарском крае // *Ветеринария Кубани*. 2023. № 5. С. 3–6. DOI: 10.33861/2071-8020-2023-5-3-6.
13. Об установлении ограничительных мероприятий (карантина) по лейкозу крупного рогатого скота на территории личного подсобного хозяйства Гашимова Гюлоглан Махир Оглы [Электронный ресурс]. URL: <https://vet.midural.ru/documents/active/31951> (дата обращения: 15.12.2025).
14. Мусина Н. Ю. Диспансеризация крупного рогатого скота и клинические исследования животных: методическое пособие. Уфа: Башкирский ГАУ, 2012. 52 с.
15. Сперанский И. И., Самойленко Г. Е., Лобачева М. В. Общий анализ крови – все ли его возможности исчерпаны? Интегральные индексы интоксикации как критерии оценки тяжести течения эндогенной интоксикации, ее осложнений и эффективности проводимого лечения // *Острые и неотложные состояния в практике врача*. 2009. Т. 6, № 19. С. 37–45.
16. Порываева А. П., Исаева А. Г., Красноперов А. С., Кривоногова А. С., Буркат Н. В., Романова А. С. Адаптивные возможности крупного рогатого скота разных пород // *Ветеринария Кубани*. 2025. № 1. С. 11–15. DOI: 10.33861/2071-8020-2025-1-11-15.
17. Pluta A., Rola-Łuszczak M., Hoffmann F.G., Donnik I., Petropavlovskiy M., Kuźmak J. Genetic variability of Bovine Leukemia Virus: evidence of dual infection, recombination and quasi-species // *Pathogens*. 2024. Vol. 13, No 2. Article number 178. DOI: 10.3390/pathogens13020178.

18. Донник И. М., Гулюкин М. И., Петропавловский М. В., Исаева А. Г., Кривоногова А. С., Макутина В. А. Генетическая вариабельность возбудителя лейкоза крупного рогатого скота на территориях с различной эпизоотической ситуацией // Ветеринария и кормление. 2025. № 3. С. 16–21. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-3-2.
19. Методические указания по диагностике лейкоза крупного рогатого скота / Утв. Департаментом ветеринарии Министерства сельского хозяйства РФ 23.08.2000 г. № 13-7-2/2130. Москва, 2000. 22 с.
20. Васильев Ю. Г., Трошин Е. И., Любимов А. И. Ветеринарная клиническая гематология: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 656 с.
21. Донник И. М., Гулюкин М. И., Бусол В. А., Коваленко Л. В., Коваленко А. М. Лейкоз крупного рогатого скота – диагностика, оздоровление, антропозоонозный потенциал (история вопроса) (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 2. С. 230–244. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.2.230rus.
22. Borjigin L., Watanuki S., Hamada R., Bai L., Hirose T., Sato H. Effectiveness of integrated bovine leukemia virus eradication strategies utilizing cattle carrying resistant and susceptible histocompatibility complex class II DRB3 alleles // Journal of Dairy Science. 2023. Vol. 106, No 12. Pp. 9393–9409. DOI: 10.3168/jds.2023-23524.
23. Borovikov S., Tursunov K., Adish Z., Tokhtarova L., Mukantayev K. Effects of combined cytotoxic T-lymphocyte antigen 4 and programmed death 1 ligand-receptor blockade on interferon-gamma production in bovine leukemia virus-infected cattle // Veterinary World. 2024. Vol. 17, No 8. Pp. 1672–1679. DOI: 10.14202/vetworld.2024.1672-1679.
24. Szczotka M., Kuźmak J. Cytokine secretion in stem cells of cattle infected with bovine leukaemia virus // Journal of Veterinary Research. 2024. Vol. 68, No. 1. Pp. 19–33. DOI: 10.2478/jvetres-2024-0012.
25. Белоусов А. И., Беляев И. П., Бодрова О. С., Донник И. М. [и др.] Иммуноморфологические показатели животных в разных экологических зонах Уральского региона: рекомендации: учебное пособие. Екатеринбург: Уральское издательство, 2007. 21 с.
26. Akbarin M. M., Farjami Z., Alvarez H. R. Host genetic determinants of resistance and susceptibility to bovine leukemia virus infection: a mini-review // Molecular Biology Reports. 2025. Vol. 53, No 1. Article number 93. DOI: 10.1007/s11033-025-11230-7.

Об авторах:

Антонина Павловна Порываева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник с выполнением обязанностей заведующего лабораторией вирусных болезней Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-3224-1717, AuthorID 806423. E-mail: app1709@inbox.ru

Ирина Михайловна Донник, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 31378. E-mail: ktqrp7@yandex.ru

Альбина Геннадьевна Исаева, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717. E-mail: isaeva.05@bk.ru

Максим Валерьевич Петропавловский, доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-9892-6092, AuthorID 676746. E-mail: petropavlovsky_m@mail.ru

Анна Сергеевна Кривоногова, доктор биологических наук, доцент, директор Университетского технологического центра, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239. E-mail: tel-89826512934@yandex.ru

Олег Юрьевич Черных, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и вирусологии, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия; ORCID 0000-0001-8584-8251, AuthorID 473119. E-mail: gukkv150@kubanvet.ru

References

1. Bartlett P. C., Sordillo L. M., Byrem T. M. Options for the control of Bovine Leukemia Virus in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2014; 244: 914–922. DOI: 10.2460/javma.244.8.914.
2. Kobayashi S., Tsutsui T., Yamamoto T. et al. Risk factors associated with within-herd transmission of Bovine Leukemia Virus on dairy farms in Japan. *BMC Veterinary Research*. 2010; 6 (1). DOI: 10.1186/1746-6148-6-1.
3. Murakami K., Kobayashi S., Konishi M., et al. Nationwide survey of bovine leukemia virus infection among dairy and beef breeding cattle in Japan from 2009–2011. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2013; 75 (8): 1123–1126. DOI: 10.1292/jvms.12-0374.

4. Manaa E., Marawan M., Abdelhady A., Selim A. Association between bovine leukemia virus infection, reproductive performance and milk production in water buffaloes and dairy cattle in Egypt. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020; 8: 1109–1113. DOI: 10.17582/journal.aavs/2020/8.11.1109.1113.
5. Gillet N., Florins A., Boxus M., et al. Mechanisms of leukemogenesis induced by bovine leukemia virus: Prospects for novel anti-retroviral therapies in human. *Retrovirology*. 2007; 4: 18. DOI: 10.1186/1742-4690-4-18.
6. Frie M. C., Coussens P. M. Bovine leukemia virus: A major silent threat to proper immune responses in cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2015; 163: 103–114. DOI: 10.1016/j.vetimm.2014.11.014.
7. Aida Y., Murakami H., Takahashi M., Takeshima S. N. Mechanisms of pathogenesis induced by bovine leukemia virus as a model for human T-cell leukemia virus. *Frontiers in Microbiology*. 2013; 4: 328. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00328.
8. Sultanov A., Rola-Luszczak M., Mamanova S., Rylo A. Molecular characterization of Bovine Leukemia Virus with the evidence of a new genotype circulating in cattle from Kazakhstan. *Pathogens*. 2022; 11 (2): 180. DOI: 10.3390/pathogens11020180.
9. Fujii Y., et al. Infection with bovine leukemia virus belonging to group A or B-1 contributes more strongly to the development of enzootic bovine leukosis in young cattle than the presence of bovine lymphocyte antigen-DRB3 susceptibility alleles. *Archives of Virology*. 2024; 169: 171. DOI: 10.1007/s00705-024-06102-7.
10. Menin A., Bueno N. M. M., Hindlmayer M. E., et al. BLV coinfection impairs immunity and diagnostics in bovine tuberculosis. *Scientific Reports*. 2025; 15 (1): 30286. DOI: 10.1038/s41598-025-13121-0.
11. Donnik I. M., Petropavlovskiy M. V., Makytna V. A., et al. The current bovine leukemia spread situation in the Russian Federation. *Veterinaria*. 2024; 11: 18–22. DOI: 10.30896/0042-4846.2024.27.11.18-22. (In Russ.)
12. Staroselov M. A., Cherkashin V. V., Skhatum A. K., Tyshchenko K. A., Triburt A. V., Tikhonov S. V., Gorpichenko E. A. Dynamics and territorial occurrence of bovine leukemia in Krasnodar region. *Veterinaria Kubani*. 2023; 5: 3–6. DOI 10.33861/2071-8020-2023-5-3-6. (In Russ.)
13. *On the establishment of restrictive measures (quarantine) for cattle leukemia in the personal subsidiary farm of Gashimov Gyuloglan Mahir Ogly* [Internet] [cited 2025 Dec 15]. Available from: <https://vet.midural.ru/documents/active/31951>. (In Russ.)
14. Musina N. Yu. Musina N. Yu. *Cattle dispensary and clinical animal research: a methodological guide*. Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2012. 52 p. (In Russ.)
15. Speranskiy I. I., Samoylenko G. E., Lobacheva M. V. General blood test – are all its possibilities exhausted? Integral indices of intoxication as criteria for assessing the severity of endogenous intoxication, its complications, and the effectiveness of treatment. *Acute and Emergency Conditions in a Doctor's Practice*. 2009; 6 (19): 37–45. (In Russ.)
16. Poryvaeva A. P., Isaeva A. G., Krasnoperov A. S., Krivonogova A. S., Burkat N. V., Romanova A. S. Adaptive capabilities of cattle of different breeds. *Veterinaria Kubani*. 2025; 1: 11–15. DOI: 10.33861/2071-8020-2025-1-11-15. (In Russ.)
17. Pluta A., Rola-Luszczak M., Hoffmann F.G., Donnik I., Petropavlovskiy M., Kuźmak J. Genetic variability of Bovine Leukemia Virus: evidence of dual infection, recombination and quasi-species. *Pathogens*. 2024; 13 (2): 178. DOI: 10.3390/pathogens13020178.
18. Donnik I. M., Gulyukin M. I., Petropavlovskiy M. V., Isaeva A. G., Krivonogova A. S., Makutina V. A. Genetic variability of the causative agent of bovine leukosis in areas with different epizootic situations. *Veterinaria i Kormlenie*. 2025; 3: 16–21. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-3-2.
19. Methodological guidelines for the diagnosis of cattle leukemia. Approved by the Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on August 23, 2000. No. 13-7-2/2130. Moscow, 2000. 22 p. (In Russ.)
20. Vasilyev Yu. G., Troshin E. I., Lyubimov A. I. *Veterinary clinical hematology: textbook*. Saint Petersburg: Lan, 2022. 656 p. (In Russ.)
21. Donnik I. M., Gulyukin M. I., Busol V. A., Kovalenko L. V., Kovalenko A. M. Bovine leukemia virus infection – diagnostics, eradication, and anthroponozoonotic potential (background) (review). *Agricultural Biology*. 2021; 56 (2): 230–244. DOI: 10.15389/agrobiol.2021.2.230rus. (In Russ.)
22. Borjigin L., Watanuki S., Hamada R., Bai L., Hirose T., Sato H. Effectiveness of integrated bovine leukemia virus eradication strategies utilizing cattle carrying resistant and susceptible histocompatibility complex class II DRB3 alleles. *Journal of Dairy Science*. 2023; 106 (12): 9393–9409. DOI: 10.3168/jds.2023-23524.
23. Borovikov S., Tursunov K., Adish Z., Tokhtarova L., Mukantayev K. Effects of combined cytotoxic T-lymphocyte antigen 4 and programmed death 1 ligand-receptor blockade on interferon-gamma production in bovine leukemia virus-infected cattle. *Veterinary World*. 2024; 17 (8): 1672–1679. DOI: 10.14202/vetworld.2024.1672-1679.

24. Szczotka M., Kuźmak J. Cytokine secretion in stem cells of cattle infected with bovine leukaemia virus. *Journal of Veterinary Research*. 2024; 68 (1): 19–33. DOI: 10.2478/jvetres-2024-0012.
25. Belousov A. I., Belyayev I. P., Bodrova O. S., Donnik I. M., et al. *Immunomorphological indicators of animals in different ecological zones of the Ural region: recommendations: textbook*. Ekaterinburg: Ural Publishing House, 2007. 21 p. (In Russ.)
26. Akbarin M. M., Farjami Z., Alvarez H. R. Host genetic determinants of resistance and susceptibility to bovine leukemia virus infection: a mini-review. *Molecular Biology Reports*. 2025; 53 (1): 93. DOI: 10.1007/s11033-025-11230-7.

Authors' information:

Antonina P. Poryvaeva, doctor of biological sciences, leading researcher with the duties of head of laboratory of viral diseases, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-3224-1717, AuthorID 806423. *E-mail: app1709@inbox.ru*

Irina M. Donnik, Academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of biological sciences, professor, chief researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-8349-3004, AuthorID 31378. *E-mail: ktqrjp7@yandex.ru*

Albina G. Isaeva, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717. *E-mail: isaeva.05@bk.ru*

Maksim V. Petropavlovskiy, doctor of veterinary sciences, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-9892-6092, AuthorID 676746. *E-mail: petropavlovsky_m@mail.ru*

Anna S. Krivonogova, doctor of biological sciences, associate professor, director of the University Technology Center, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239. *E-mail: tel-89826512934@yandex.ru*

Oleg Yu. Chernykh, doctor of veterinary sciences, professor of the department of microbiology, epizootology and virology, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia; ORCID 0000-0001-8584-8251, AuthorID 473119. *E-mail: gukkvl50@kubanvet.ru*