

Формирование свободного от энзоотического лейкоза крупного рогатого скота стада на основе ПЦР-диагностики телят

Бабошко Д.А.¹, (✉)Елфимов К.А.¹, Кузьмин А.И.², Рожков О.А.³, Тотменин А.В.¹, Флеер М.В.⁴, Гашникова Н.М.¹

¹Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Новосибирская область, р.п. Кольцово, Россия

²Управление ветеринарии Коченёвского района Новосибирской области
Новосибирская область, п. Коченёво, Россия

³Управление ветеринарии Новосибирской области
Новосибирск, Россия

⁴ООО «Раздольное»
Новосибирская область, п. Коченёво, Россия
(✉)e-mail: elfimovkiril@yandex.ru

Вирус лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС) вызывает заболевание, приводящее к снижению качества жизни животных и экономическим потерям предприятий. Распространенность ВЛКРС высока как в мире, так и в Российской Федерации. Ввиду этого становится актуальным вопрос о методах борьбы с данным заболеванием, в том числе для формирования здорового стада. Цель исследования – формирование стада крупного рогатого скота (КРС), свободного от инфекции ВЛКРС, на примере работы хозяйства в Новосибирской области. Образцы крови КРС были собраны в количестве 434 образцов от телят в возрасте не больше 3 мес с марта по август 2023 г. Для выделения суммарной ДНК из периферической крови крупного рогатого скота использовался фенол-хлороформный метод. Для ПЦР-диагностики образцов на предмет наличия ВЛКРС применялись коммерческая тест-система РеалБест-Вет ДНК вируса лейкоза КРС V-5441 (ВекторБест, Российская Федерация) и тест-система собственной разработки. Часть положительных образцов была отсекарована методом Сэнгера с использованием коммерческого набора BigDye Terminator v3.1. Из 434 образцов положительными на наличие ВЛКРС оказались 44. Для первых 15 образцов из 44 проведена амплификация фрагмента гена *env* ВЛКРС с последующим его секвенированием: 11 образцов вируса принадлежало генотипу 4, 4 образца – к 7-му генотипу. На основе полученных ветеринарных эпидемиологических данных начат комплекс мероприятий, направленный на формирование здорового стада: повышение квалификации сотрудников предприятия, своевременная и качественная диагностика животных, изоляция, биркование и перемещение телят с отрицательными результатами тестов в базу здоровых животных, повторный забор крови через 3–6 мес для подтверждения результатов предыдущего тестирования. В хозяйстве принят план поэтапной модернизации, включающий создание условий для раздельного содержания КРС, прошедшего стадии тестирования на лейкоз; разработан комплекс требований к работе персонала, правила дезинфекции и использования инструментария и др.

Ключевые слова: лейкоз, вирус лейкоза крупного рогатого скота, диагностика, ветеринария

Formation of the herd free from enzootic bovine leukosis on the basis of PCR-diagnostics of calves

Baboshko D.A.¹, (✉)Elfimov K.A.¹, Kuzmin A.I.², Rozhkov O.A.³, Totmenin A.V.¹, Fleer M.B.⁴, Gashnikova N.M.¹

¹State Research Center of Virology and Biotechnology VECTOR of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing
Koltsovo, Novosibirsk region, Russia

²Veterinary Department of the Kochenevsky District of the Novosibirsk Region
Kochenevo, Novosibirsk region, Russia

³Veterinary Department of the Novosibirsk Region
Novosibirsk, Russia

⁴ООО Razdolnoe

Kochenevo, Novosibirsk region, Russia

(✉)e-mail: elfimovkiril@yandex.ru

The bovine leukosis virus (BLV) causes a disease that results in reduced quality of life for animals and economic losses for businesses. The prevalence of BLV is high both globally and in the Russian Federation. Therefore, the question of the methods of controlling this disease, including for the formation of a healthy herd, becomes relevant. The purpose of the study is to form a herd of cattle free from BLV infection on the example of the work of a farm in the Novosibirsk region. Cattle blood samples were collected in a total of 434 samples from the calves not more than 3 months of age from March to August 2023. The phenol-chloroform method was used to isolate total DNA from peripheral blood of cattle. A commercial test system RealBest-Vet DNA of cattle leukosis virus V-5441 (VectorBest, Russian Federation) and a self-developed test system were used for PCR-diagnostics of the samples for the presence of BLV. A portion of the positive samples were sequenced by Sanger sequencing using the commercial BigDye Terminator v3.1 kit. Out of 434 samples, 44 samples were positive for the presence of BLV. For the first 15 samples out of 44, amplification of the *env* BLV gene fragment was performed followed by sequencing: 11 virus samples belonged to genotype 4, 4 samples belonged to genotype 7. Based on the obtained veterinary epidemiological data, a set of measures aimed at formation of a healthy herd was started: improvement of qualification of the enterprise employees, timely and qualitative diagnostics of animals, isolation, tagging and transfer of calves with negative test results to the base of healthy animals, repeated blood sampling in 3–6 months to confirm the results of the previous testing. The farm has adopted a plan of stage-by-stage modernization, including creation of conditions for separate housing of cattle tested for leukosis; a set of requirements for the work of personnel, rules of disinfection and the use of tools, etc. have been developed.

Keywords: leukosis, bovine leukosis virus, diagnostics, veterinary medicine

Для цитирования: Бабошко Д.А., Елфимов К.А., Кузьмин А.И., Рожков О.А., Тотменин А.В., Флеер М.В., Гашикова Н.М. Формирование свободного от энзоотического лейкоза крупного рогатого скота стада на основе ПЦР-диагностики телят // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 12. С. 68–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-12-8>

For citation: Baboshko D.A., Elfimov K.A., Kuzmin A.I., Rozhkov O.A., Totmenin A.V., Fleer M.V., Gashnikova N.M. Formation of the herd free from enzootic bovine leukosis on the basis of PCR-diagnostics of calves. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 12, pp. 68–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-12-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора по теме ГЗ-4/21 за счет средств федерального бюджета.

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of fulfillment of the state assignment of the FBIS SSC VB "Vector" of the Rosпотребнадзор on the topic GZ-4/21 at the expense of federal budget funds.

ВВЕДЕНИЕ

Лейкоз крупного рогатого скота – это хроническое инфекционное заболевание вирусной природы, вызванное РНК-содержащим вирусом лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС). Вирус относится к семейству ретровирусов, роду дельтаретровирусов¹. Данное заболевание имеет широкое распростра-

нение как в субъектах Российской Федерации, так и во многих странах мира [1]. Ущерб, наносимый вирусным лейкозом крупному рогатому скоту, достигает серьезных масштабов из-за снижения продолжительности жизни животных, необходимости их убоя на поздних стадиях заболевания, снижения надоев, затрат на выбраковку племенных животных

¹Altaner Zajac V., Bán J. A Simple and Inexpensive Method for Detection of BLV Infected Cattle Based on a Modified ELISA Principle // Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B. Zentralbl Veterinarmed B, 1982. Vol. 29. N 7. P. 583–590.

как из селекционных работ, так и из продажи молодняка². Инфекция ВЛКРС включена Всемирной организацией охраны здоровья животных в список заболеваний, имеющих важное значение для международной торговли³.

Среди болезней сельскохозяйственных животных лейкоз крупного рогатого скота занимает первое место по частоте и тяжести заболевания, нанося прямые экономические потери скотоводческой области. При этом только у 5% инфицированных животных обнаруживаются новообразования, остальные 95% скота находятся в субклиническом состоянии с персистирующим лимфоцитозом и являются таким же источником молока и мяса, как и здоровые животные [2]. ВЛКРС распространился на все континенты через торговлю племенными животными. Так, например, в ряде стран Восточной Европы, таких как Польша, Украина и Хорватия, процент пораженности ВЛКРС держится на высоком уровне^{4, 5}. В Италии, Португалии, Беларуси, Латвии, Греции, Румынии и Болгарии ВЛКРС присутствует, но заболевание носит очаговый характер [3, 4].

Ряд исследований, включающих данные как из индивидуальных хозяйств, с содержанием животных в личном пользовании, так и в крупных животноводческих хозяйствах, подтверждают, что в среднем пораженность в хозяйствах выше на 10–15%, что может быть связано с недостаточной стерилизацией инструментов и совместным выпасом зараженных и здоровых животных. Так, например, в Северной Америке ветеринарные эпидемиологические исследования распространенности ВЛКРС показали, что лейкоз-положи-

тельными были 83,9% молочного скота на уровне стада и 39% мясного скота [5]. В Южной Америке наблюдаются относительно высокие уровни распространенности ВЛКРС, а ВЛКРС-индуцированный лейкоз присутствует в большинстве Южно-Американских стран [6, 7]. В Бразилии распространенность лейкоза варьирует в зависимости от штата, при этом уровень инфицирования скота колеблется от 17,1 до 60,8%⁶. Распространенность ВЛКРС на индивидуальном и стадном уровне в Аргентине достигает 77,4 и 90,9% соответственно. Более того, уровень индивидуального заражения от 19,8 до 54,7% зарегистрирован в Чили, Боливии, Перу, Венесуэле, Уругвае, Парагвае и Колумбии⁷ [6, 7].

Инфекция, вызванная ВЛКРС, широко распространена на молочных фермах Китая [8]. Уровень инфицирования среди молочного скота достигает 49,1%, среди мясного – 1,6%. Более того, серологические тесты показали, что 20,1% яков в Китае были ВЛКРС-положительными. Ветеринарные эпидемиологические исследования в Японии зарегистрировали различные уровни распространенности ВЛКРС по всей стране на основе разных методов выявления, уровень заражения лейкозом составил 40,9% молочного и 28,7% мясного скота, причем уровень заражения у животных старше 2 лет достигает 78% в молочном стаде и 69% – в стадах мясного скота [9]. Менее 6% крупного рогатого скота были инфицированы ВЛКРС в Монголии (3,9%) [10], Камбодже (5,3%)⁸ и Тайване (5,8%)⁹, серологическое исследование в Иране показало, что распространенность лейкоза в этой стране составляло от 22,1 до 25,4%¹⁰.

²NAHMS-USDA Bovine Leukosis Virus on U.S. Dairy Operations. 2007.

³Enzootic bovine leukosis - WOAH - World Organisation for Animal Health [Electronic resource]. URL: <https://www.woah.org/en/disease/enzootic-bovine-leukosis/>

⁴Ruzina M.N. *et al.* Identification and classification of bovine leukemia virus isolates in Russia and Ukraine based on the pol viral gene polymorphism // *Genetika*. 2012. Vol. 48. N 7. P. 855–862.

⁵Balić D. *et al.* Identification of a new genotype of bovine leukemia virus // *Archives of Virology*. 2012. Vol. 157, № 7. P. 1281–1290.

⁶Monti G., Schrijver R., Beier D. Genetic diversity and spread of Bovine leukaemia virus isolates in Argentine dairy cattle // *Archives of Virology*. 2005. Vol. 150. N 3. P. 443–458.

⁷Moratorio G. *et al.* Phylogenetic analysis of bovine leukemia viruses isolated in South America reveals diversification in seven distinct genotypes // *Archives of Virology*. 2010. Vol. 155. N 4. P. 481–489.

⁸Meas S. *et al.* Seroprevalence of bovine immunodeficiency virus and bovine leukemia virus in draught animals in Cambodia // *Journal of Veterinary Medical Science*, 2000. Vol. 62. N 7. P. 779–781.

⁹Wang C.T. Bovine leukemia virus infection in Taiwan: epidemiological study // *Journal of Veterinary Medical Science*, 1991. Vol. 53. N 3. P. 395–398.

¹⁰Barzegar H. *et al.* Identification of bovine leukemia virus in raw milk samples in North-West of Iran // *Vet Res Forum. Vet Res Forum*, 2021. Vol. 12. N 2. P. 223–227.

В Российской Федерации проблема распространения ВЛКРС стоит очень остро и является крайне актуальной. Так, по данным Департамента ветеринарии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, лейкоз крупного рогатого скота зарегистрирован в 71 субъекте РФ¹¹ [11]. Однако, вероятнее всего, ВЛКРС присутствует во всех субъектах, где содержится крупный рогатый скот.

Субъекты РФ на основе данных по РИД анализу можно разделить следующим образом:

- до 10% – 52 субъекта (Амурская, Астраханская, Брянская, Волгоградская, Вологодская, Ивановская, Иркутская, Калужская области и т.д.);

- до 30% – 17 субъектов (Белгородская, Владимирская, Воронежская, Курская, Рязанская, Тамбовская, Московская области и т.д.);

- больше 30% – 2 субъекта (Нижегородская область, Хабаровский край).

Свободными от лейкоза считаются Архангельская область, Республика Коми, Ненецкий, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий, Чукотский автономные округа. Не представлены данные по 6 субъектам Российской Федерации.

Неблагоприятная эпизоотическая ситуация наблюдается в Уральском и Сибирском федеральных округах. Например, в Новосибирской области в 2021 г. отмечено 322 пункта, в которых обнаружен вирус лейкоза крупного рогатого скота. Однако можно наблюдать тенденцию к снижению числа скота, пораженного ВЛКРС-инфекцией. По сравнению с 2017 г. число неблагополучных пунктов уменьшилось на 57 единиц в 2019 г., число больных животных – на 977 гол., число инфицированных (сероположительных) животных – на 70 836 гол. В Уральском федеральном округе в 2021 г. отмечен 341 пункт, в котором зарегистрирована ВЛКРС-инфекция. Данный федеральный округ является самым неблагоприятным в Российской Федерации по эпизоотической ситуации с ВЛКРС [12].

Индукцированная ВЛКРС-инфекция отличается пожизненнойстройкой вируса в

геном хозяина, отсутствием вiremии и отсутствием антител против антигенов вируса на ранних стадиях заболевания [13]. Инфекционный процесс принято подразделять на четыре стадии. Инкубационный период – от момента заражения до появления первых антител. Бессимптомная стадия заболевания – животное не имеет изменений в клинико-гематологической картине. Гематологическая стадия заболевания – персистентный лимфоцитоз и другие изменения в формуле крови. Опухолевая или терминальная стадия – возникновение злокачественных новообразований. Первые две стадии достаточно продолжительные и могут перетекать в стадию доброкачественных новообразований. Для диагностики каждой из стадий применяют разные методы, которые условно можно разделить на две группы. Первую из них представляют непрямые методы: комплекс серологических и гематологических реакций, позволяющих выявлять специфические антитела против антигенов ВЛКРС – РИД (реакция иммунодиффузии), ИФА (иммуноферментный анализ). Ко второй группе можно отнести методы прямого обнаружения вируса и его антигенов: ПЦР-анализ, культивирование клеток, электронная микроскопия, молекулярная гибридизация и др.

Для диагностики ВЛКРС в большинстве случаев используются два метода – РИД и ИФА. РИД – наиболее простой, легкий в постановке и удобный для практической работы серологический метод. Но данный метод не позволяет выявлять инфицированных ВЛКРС животных на ранних стадиях заболевания, так как уровень антител в крови может быть ниже порога чувствительности¹².

Иммуноферментный метод анализа имеет ряд преимуществ перед РИД: высокая чувствительность, простота проведения реакции, возможность использования минимальных объемов исследуемого материала, а также способность к автоматизации всех лабораторных этапов диагностики. Высокая чувствительность ИФА тест-систем позволя-

¹¹Gulyukin A. et al. Epizootic situation with bovine leukemia in the Central Federal District of the Russian Federation in 2012–2016 // BIO Web Conf. EDP Sciences, 2020. Vol. 27. P. 00097.

¹²Виноградова И.В. и др. Геногеографические исследования вируса лейкоза крупного рогатого скота / И.В. Виноградова, Е.А. Гладырь, Н.В. Ковалюк, М.В. Петропавловский, И.М. Донник, Л.К. Эрнст, Н.А. Зиновьева // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 10. С. 34–37.

ет выявлять до 15,3% носителей вируса, не отмеченных положительными результатами при РИД-анализе [14]. Однако положительный результат по анализу ИФА еще не подтверждает встройки провируса ВЛКРС в геном клеток животного. Данный метод не может быть применен к тестированию молодняка, так как телята могут получить от коровы при рождении антитела на ВЛКРС, но не быть инфицированы лейкозом¹³.

Метод ПЦР открывает новые возможности для совершенствования диагностики и профилактики лейкоза крупного рогатого скота, так как позволяет выявлять провирус ВЛКРС на ранних стадиях инфекционного процесса до образования антител в диагностических титрах. Также метод ПЦР применим в ряде ситуаций, когда серологические методы неэффективны^{14, 15}:

- диагностика инфекции у телят моложе 6 мес на фоне пересестивирования колостральных антител; диагностика и изоляция ВЛКРС-положительных телят на этом этапе значительно снижает риск распространения инфекции и дает возможность оздоровить стадо путем выращивания свободного от ВЛКРС потомства;

- исследование животных, предназначенных на экспорт и импорт;

- выявление инфицированных животных с низким уровнем антител или не имеющих антител против ВЛКРС: существует главная причина этого явления – толерантность организма к возбудителю вследствие внутриутробного заражения плода до развития иммунокомпетентности.

Успех мероприятий по оздоровлению неблагополучных хозяйств от инфекции, индуцированной ВЛКРС, во многом определяется чувствительностью, специфичностью, точностью, а также практичностью методов

диагностики и комплексного применения мероприятий на основе их результатов. Во второй половине XX в. в странах-членах Европейского сообщества внедрены программы ликвидации ВЛКРС и меры контроля за распространением инфекции, основанные на подходах «проверить и устранить» и «проверить и изолировать», которые оказались очень успешными в Западной Европе, Новой Зеландии и Западной Австралии^{16, 17} [15]. Некоторые страны, в том числе Дания, Финляндия, Швейцария, Эстония, Нидерланды, полностью свободны от ВЛКРС¹⁸.

Общенациональные программы ликвидации и контроля ВЛКРС были введены в Австралии и Новой Зеландии в 1983 и 1996 гг. соответственно, в декабре 2013 г. 99,7% австралийских молочных стад объявлены свободными от заболевания, в то время как территория Новой Зеландии стала свободна от ВЛКРС-индуцированной инфекции с 2008 г.

Аналогичная стратегия борьбы с ВЛКРС в хозяйствах применялась и в Российской Федерации. По результатам диагностики положительные и отрицательные по присутствию ВЛКРС животные сортировались с помощью бункеров. Все ветеринарные манипуляции проходили в строгой последовательности: от здоровых животных к инфицированным. Отмечалось, что для большей эффективности ветеринарных противоэпидемиологических мероприятий имеет смысл работать с дойными коровами и телками случного возраста [16]. Некоторые хозяйства в Краснодарском крае содержали 29% РИД-положительных животных, в том числе 8,4% молодняка. Было заключено, что при таком уровне пораженности оздоровление стада с применением РИД-диагностики может занять до 6 лет. Выходом из ситуации стало использование

¹³Чижова Л.Н. Использование полимеразной цепной реакции в диагностике лейкоза КРС / Л.Н.Чижова, Д.Е. Белов // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2004. Т. 2. № 2–2. С. 65–69.

¹⁴Зиннатов Ф.Ф. и др. Детекция и типизация вируса лейкоза крупного рогатого скота / Ф.Ф. Зиннатов, И.Р. Гибадулина, Н.З. Хазипов, Р.П. Тюрикова, Б.В. Камалов // Вятский медицинский вестник. 2007. № 4. С. 48–50.

¹⁵Крюков В.И. и др. ДНК-диагностика в селекции крупного рогатого скота / В.И. Крюков, О.А. Шалимова, Н.Г. Друшляк, А.В. Пикунова // Вестник ОрелГАУ: Научное обеспечение животноводства. 2012. № 1. С. 62–68.

¹⁶Nuotio L. et al. Eradication of enzootic bovine leukosis from Finland // Veterinary Medicine International Elsevier, 2003. Vol. 59. N 1–2. P. 43–49.

¹⁷Thompson K.G., Johnstone A.C., Hilbink F. Enzootic bovine leukosis in New Zealand—a case report and update // N Z Vet J. N Z Vet J, 1993. Vol. 41. N 4. P. 190–194.

¹⁸Bartlett P.C. et al. Options for the control of bovine leukemia virus in dairy cattle // J Am Vet Med Assoc. American Veterinary Medical Association, 2014. Vol. 244. N 8. P. 914–922.

ранней ПЦР-диагностики, которая может показать точный результат наличия или отсутствия ВЛКРС у животного с 20-го дня жизни теленка [17].

Цель исследования – формирование свободного от ВЛКРС-инфекции стада животных с применением молекулярно-генетических методов диагностики (ПЦР, секвенирование).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в соответствии с этическими нормами обращения с животными, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и иных научных целей.

В крупном мясомолочном хозяйстве Коченёвского района Новосибирской области ООО «Раздольное» разработан и реализуется план-график сбора и ПЦР-тестирования на ВЛКРС образцов крови телят по мере их рождаемости. Образцы крови крупного рогатого скота были собраны в количестве 434 образцов от телят в возрасте не больше 3 мес с марта по август 2023 г. Забор образцов крови проводили ветеринарные специалисты хозяйства из хвостовой вены с использованием одноразовых стерильных систем в пробирки с антикоагулянтом (ЭДТА). Забор крови осуществлялся в строгом соответствии с регламентирующим работу с ПБА документом СанПиН 3.3686-21. Для выделения суммарной ДНК из периферической крови крупного рогатого скота использовался фенол-хлороформный метод. Для диагностики наличия ДНК ВЛКРС в пробах применяли ПЦР в реальном времени с использованием коммерческого набора РеалБест-Вет ДНК вируса лейкоза КРС V-5441 (ВекторБест, Российская Федерация), а также ПЦР с использованием лабораторного набора праймеров собственной разработки, нацеленных на участок генома, кодирующий ген *env* ВЛКРС.

Аmplification фрагмента гена *env* длиной 1000 п.н. проводили с помощью вложенной ПЦР с использованием генспецифичных лабораторных праймеров. Для анализа размера и качества продуктов ПЦР использовали метод электрофореза ДНК в 1%-м агарозном геле.

Секвенирование проводили с использованием генспецифичных праймеров (4855f и TMR2) и коммерческого набора BigDye Terminator v3.1 (Thermo Fisher Scientific, США). Образцы наносили в лунки 96-луночного планшета, который затем загружали в автоматический 8-канальный 8-капиллярный секвенатор (3500 Applied Biosystems, США).

Полученные последовательности редактировали в ПО Sequencher 4.1 и сравнивали с референс-последовательностями различных генотипов BLV из международной базы данных (Genbank). Филогенетический анализ выполняли с помощью ПО MEGA-6, используя метод объединения ближайших соседей на основе двухпараметрической модели Кимуры. Статистическую значимость топологии филогенетического дерева оценивали с помощью анализа бутстрепов ($n = 1000$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ООО «Раздольное» поголовье крупного рогатого скота насчитывает 5800 гол., из них 2000 – молодняк (телят возрастом до одного года) и 3800 гол. – других возрастов.

В данном хозяйстве в соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 24.03.2021 № 156" «Об утверждении Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов лейкоза крупного рогатого скота» проводятся серологические исследования животных на ВЛКРС методами иммуноферментного анализа (ИФА) и реакции иммунодиффузии (РИД-анализ). Для установления стадии инфекционного процесса энзоотического лейкоза крупного рогатого скота применяют гематологические исследования крови (ГЕМ).

В 2022 г. впервые в хозяйстве выполнено исследование 200 образцов КРС на наличие ДНК вируса ВЛКРС с применением методов ПЦР – скрининговые исследования с использованием тест-системы РеалБест-Вет ДНК вируса лейкоза КРС V-5441 и ПЦР-системы собственной разработки, нацеленной на фрагмент гена *env* ВЛКРС, с последующим секвениро-

ванием и анализом филогенетических связей выявленных последовательностей¹⁹.

Выполненные исследования показали, что пораженность скота в хозяйстве составила 71,5%. Сравнение разных методов диагностики ВЛКРС, проводимых в ООО «Раздольное», зарегистрировало существенные различия в выявляемости маркеров заболевания лейкозом у животных (см. табл. 1) с максимальным показателем эффективности для метода с использованием ПЦР. Дополнительно проведенный филогенетический анализ расшифрованных последовательностей ВЛКРС, выделенных от животных, показал наличие генетически близких кластеров вирусов, что указывает на распространение лейкоза коров внутри отделений хозяйства.

На основании анализа организации и ведения хозяйственной деятельности, выполненного в ООО «Раздольное», сделаны выводы о существовании в хозяйстве нескольких возможных путей передачи инфекции. Широкое распространение вируса среди животных со средним возрастом 6 лет может быть связано с совместным выпасом зараженных животных и здоровых, так как из 2000 коров только для 600 применяется привязное содержание, а 1400 гол. содержится без привязи. В данном хозяйстве закупка племенного скота произво-

дится в ограниченном количестве (например, в 2023 г. закупили 80 гол. племенных нетелей и 4 быков), животные проходят предварительную диагностику и имеют сертификат здоровья, что минимизирует вклад привозных животных в инфицирование стада лейкозом.

Можно предположить, что основная причина перекрестного заражения крупного рогатого скота ВЛКРС в хозяйстве – недостаточная обработка ветеринарных хирургических и акушерских инструментов, инвентаря, которые используются при содержании и уходе за животными, в том числе при проведении дойки, ветеринарных процедур, татуирования, проколов ушей крупного рогатого скота и других процедур.

Выявленная при ПЦР-диагностике высокая пораженность КРС является негативным прогнозом экономического развития хозяйства, в связи с чем в ООО «Раздольное» разработан план мероприятий по формированию свободного от ВЛКРС стада.

Ведущие специалисты ООО «Раздольное» прошли курс стажировки по организации ведения хозяйственной деятельности, направленной на создание здорового стада и повышение эффективности производства молочной продукции. Кроме того, в хозяйстве разработан план ПЦР-диагностики телят и поэтапной модернизации хозяйства, включающий комплекс ветеринарно-зоотехнических мероприятий и строительства новых помещений для содержания скота.

Формирование здорового стада начато на основе результатов тестирования молодняка (до 3 мес) методом ПЦР в реальном времени. Схема включала в себя тестирование телят на инфекцию ВЛКРС в первые три месяца жизни и разделение на отрицательные «–» и положительные «+» ВЛКРС молодняка. После чего следовало повторное тестирование на ВЛКРС в возрасте до 6 мес и окончательная постановка статуса ВЛКРС «+» или ВЛКРС «–».

Для отделения, где содержатся животные от 0 до 3 мес, был разработан новый регламент ухода за телятами, включающий:

– реализацию плана-графика забора проб крови телят на ПЦР-диагностику ВЛКРС;

Табл. 1. Данные по выявлению маркеров ВЛКРС у животных при диагностических исследованиях с применением разных методов

Table 1. Data on the detection of BLV markers in animals during diagnostic studies using various methods

Метод диагностики	РИД	ГЕМ+	ПЦР
Количество протестированных животных	1500	3951	200
Средний возраст животных	5 лет	5 лет	6 лет
Количество ВЛКРС «+» животных	158 (10,5%)	50 (1,3%)	143 (71,5%)
Количество ВЛКРС «–» животных	1426 (89,5%)	3901 (98,7%)	57 (28,5%)

¹⁹Бабошко Д.А. Генетическое разнообразие ВЛКРС, распространенных на территории Коченевского района Новосибирской области / Д.А. Бабошко, Н.М. Гашникова, А.В. Тотменин, А.А. Нефедова, И.П. Осипова, В.Е. Екушов, О.А. Рожков, А.И. Кузьмин, М.В. Флеер // Ветеринария и кормление. 2023. №. 2. С. 17–19.

- выпаивание новорожденных телят молозивом от здоровых, безлейкозных первотелок;
- обязательное биркование здоровых телят зеленой биркой после получения результатов ПЦР;
- перемещение телят в отдельную базу безлейкозных животных и в телятник безлейкозных телок;
- осуществление двойного контроля в безлейкозном телятнике за соблюдением графиков чистки, дезинфекции помещений и рабочего инструмента, смены перчаток и т.д.;
- содержание телят в индивидуальных клетках до повторного обследования и перемещения на следующую базу;
- повторный забор крови телят отделения от 3 до 6 мес для ПЦР-диагностики лейкоза;
- перевод телят в следующее отделение для здоровых животных после получения результатов повторной ПЦР-диагностики согласно разработанной схеме.

В соответствии с планом с марта по август 2023 г. собрано 434 образца крови от телят в возрасте 2–3 мес. Группы для исследования формировались поэтапно по мере рождения телят и достижения ими 2-месячного возраста. Для скрининга животных на наличие ВЛКРС использовался набор для детекции ДНК вируса лейкоза КРС в реальном времени, прошедший ранее успешное испытание в аналогичной работе²⁰.

Из 434 образцов положительными на наличие ВЛКРС оказались 44 теленка (см. табл. 2). Для подтверждения ВЛКРС-инфекции для выявленных в скрининге и части отрицательных по лейкозу животных выполняли дополнительный анализ ПЦР с лабораторным набором праймеров на детекцию ДНК ВЛКРС. ПЦР-анализ с лабораторным набором праймеров показал 100%-е совпадение как с контрольными положительными на ВЛКРС образцами, так и с отрицательными, что говорит о чувствительности и специфичности данной системы тестирования.

Данные по выявлению маркеров ВЛКРС у телят при исследовании методами ИФА и ПЦР демонстрируют расхождение показа-

телей в 2,5 раза. Более высокие данные по выявляемости ВЛКРС-положительных телят тестами ИФА связаны с несколькими причинами. У телят могут сохраняться колостральные антитела к ВЛКРС после рождения, что может давать ложноположительный результат. Также выпаивание телят молозивом от ВЛКРС-положительных коров может увеличивать не только риски заражения инфекцией, но и давать ложноположительный результат при ИФА-диагностике лейкоза.

Для первых 15 выявленных ВЛКРС-инфицированных телят была проведена наработка фрагментов ДНК ВЛКРС (участок области гена *env*) и их секвенирование. Расшифровка и генотипирование полученных последовательностей ВЛКРС выявили одинаковое соотношение генотипов вируса, описанное ранее для поголовья взрослых ВЛКРС-инфицированных животных в данном хозяйстве: из 15 выделенных у телят вариантов ВЛКРС 11 образцов вируса относилось к генотипу 4, 4 образца – к 7-му генотипу (см. сноску 19).

При ПЦР-тестировании телят и взрослых животных в хозяйстве были получены значительно различающиеся цифры – 10 и 71%. Это объясняется тем, что, по данным научной литературы, ВЛКРС способен преодолевать интраплацентарный барьер только в 10–15% случаев [18]. Данный факт является ключевым, дающим возможность сформировать

Табл. 2. Данные по выявлению маркеров ВЛКРС у телят при исследовании методами ИФА и ПЦР

Table 2. Data on the detection of BLV markers in calves during ELISA and PCR studies

Метод диагностики	Телята	
	ИФА	ПЦР
Количество протестированных животных	1584	434
Средний возраст животных	От 3 до 9 мес	До 3 мес
Количество ВЛКРС «+» животных	393 (24,8%)	44 (10%)
Количество ВЛКРС «-» животных	1191 (75,2%)	390 (90%)

²⁰Современные методы и опыт борьбы с лейкозом крупного рогатого скота. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovmennyye-metody-i-opyt-borby-s-leykozom-krupnogo-rogatogo-skota/viewer> (accessed: 16.11.2023).

здоровое стадо скота при условии эффективного выявления ВЛКРС-инфекции и отбраковки зараженных животных.

Тем не менее, только тестирование и отбраковка животных с лейкозом не может гарантировать успех в формировании безлейкозного стада. Необходима тщательно разработанная логистика перемещения скота после диагностики на лейкоз в животноводческих базах и помещениях, разработка и соблюдение ветеринарно-зоотехнических мероприятий, обеспечивающих абсолютное отсутствие пересечений персонала и инструментария при уходе за здоровыми и инфицированными животными и при их перемещении.

В этой связи в ООО «Раздольное» разработан комплекс ветеринарно-зоотехнических мероприятий и логистики перемещения животных при выращивании телят, нетелей, стельных коров и других категорий животных с тщательной регистрацией и учетом КРС, прошедших и не прошедших ПЦР-диагностику. Несмотря на то что животные, положительные на ВЛКРС по результатам исследования, подлежали выбраковке в течение одной недели после получения результатов, в хозяйстве оставались коровы, для которых не была проведена ПЦР-диагностика, такие животные считались потенциальными носителями лейкоза.

С целью соблюдения разработанных требований для минимизации рисков пересечения здорового и недиагностированного скота запланирован ввод аллей для перегона животных. Особое внимание было уделено контролю за проведением дезинфекционных мероприятий, стерилизации ветеринарного инструментария с ведением ежедневных журналов учета проводимых обработок и системы штрафов за нарушение разработанных протоколов.

В хозяйстве ООО «Раздольное» реализуется программа по формированию свободного от лейкоза стада животных. Как показывает практика проведения аналогичных работ в других хозяйствах, одним из ключевых моментов является эффективная диагностика скота и его отбраковка. Методы ИФА или РИД имеют ограничения в использова-

нии для выявления ВЛКРС у новорожденных телят из-за специфики иммунного ответа животных на инфицирование данным вирусом. В этой связи выбрана тактика внедрения двухэтапной ПЦР-диагностики лейкоза среди новорожденных телят, что позволяет минимизировать общие затраты, так как пораженность телят существенно ниже, чем пораженность взрослых животных. Планирование и реализация комплекса мероприятий, обеспечивающих сохранение здоровья прошедшему двойную диагностику молодняка, создает предпосылки для достижения цели по формированию безлейкозного стада в хозяйстве.

В ООО «Раздольное» значительный уровень присутствия ВЛКРС. Порядка 70% поголовья скота по результатам ПЦР-диагностики инфицировано вирусом лейкоза. В зависимости от возрастной группы и использованного метода количество выявленных положительных коров варьировало от 1,3 до 71,5%.

В двух разных возрастных группах (телята и взрослые животные) присутствует достаточно сильная разница в выявлении положительных на ВЛКРС животных (10% против 71%). Вероятными причинами могут быть совместный выпас зараженных животных и здоровых, неправильная стерилизация ветеринарных хирургических и акушерских инструментов при проведении ветеринарных процедур, татуирование и прокол ушей крупного рогатого скота, а также сложность в преодолении плацентарного барьера вирусом.

По процентному соотношению выявляемых ВЛКРС положительных животных метод ПЦР показал себя как наиболее точный, также метод ПЦР – единственный применимый метод тестирования молодняка.

Выявляемость ВЛКРС-положительных телят тестами ИФА была выше, чем методом ПЦР. Это может быть связано с несколькими причинами: с сохранением колостральных антител к ВЛКРС после рождения, а также с выпаиванием телят молозивом от ВЛКРС-положительных коров, что увеличивает риски заражения инфекцией, что может давать ложноположительный результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В хозяйстве принят план поэтапной модернизации, включающий создание условий для раздельного содержания КРС, прошедшего стадии тестирования на лейкоз; разработан комплекс требований к работе персонала, правила дезинфекции и использования ветеринарного инструментария и др.

Выявляемость ВЛКРС методом ПЦР в зависимости от возрастной группы превосходит другие методы на 60%, что указывает на необходимость активизации просветительских мероприятий для работников данного хозяйства и ужесточения контроля за соблюдением дезинфекции при выполнении ветеринарных процедур. Дальнейший молекулярно-эпидемический анализ позволит понять пути заноса и распространения ВЛКРС, что необходимо при разработке эффективных мероприятий по оздоровлению крупного скота не только для крупных сельскохозяйственных предприятий, но и частных подворий России.

Реализация первого этапа по формированию здорового от ВЛКРС стада животных в ООО «Раздольное» выполняется при тесном взаимодействии коллективов научного центра и сельскохозяйственного предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barez P.Y., de Brogniez A., Carpentier A., Gazon H., Gillet N., Gutiérrez G., Hamaidia M., Jacques J.R., Perike S., Sriramareddy S.N. Recent Advances in BLV Research // *Viruses*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). 2015. Vol. 7. N 11. P. 6080. DOI: 10.3390/V7112929.
2. Buehring G.C., Delaney A., Shen H., Chu D.L., Razavian N., Schwartz D.A., Demkovich Z.R., Bates M.N. Bovine leukemia virus discovered in human blood // *BMC Infectious Diseases*. 2019. Vol. 19. N 1. DOI: 10.1186/S12879-019-3891-9.
3. Maresca C., Costarelli S., Dettori A., Felici A., Iscaro C., Feliziani F. Enzoootic bovine leukosis: report of eradication and surveillance measures in Italy over an 8-year period (2005–2012) // *Preventive Veterinary Medicine*. 2015. Vol. 119. N 3–4. P. 222–226. DOI: 10.1016/J.PRE-VETMED.2015.02.024.
4. Righi C., Iscaro C., Petrini S., Lomolino R., Feliziani F. Enzoootic Bovine Leukosis in Italy: Epidemiological Issues after Free Status Recognition and Measures Applied to Tackle the Last Persistent Clusters // *Pathogens*. 2021. Vol. 10. N 11. DOI: 10.3390/PATHOGENS10111475.
5. Ladronka R.M., Ainsworth S., Wilkins M.J., Norby B., Byrem T.M., Bartlett P.C. Prevalence of Bovine Leukemia Virus Antibodies in US Dairy Cattle // *Veterinary Medicine International*. 2018. Vol. 2018. DOI: 10.1155/2018/5831278.
6. Olaya-Galán N.N., Corredor-Figueroa A.P., Velandia-Álvarez S., Vargas-Bermudez D.S., Fonseca-Ahumada N., Nuñez K., Jaime J., Gutiérrez M.F. Evidence of bovine leukemia virus circulating in sheep and buffaloes in Colombia: insights into multispecies infection // *Archives of Virology*. 2022. Vol. 167. N 3. P. 807–817. DOI: 10.1007/S00705-021-05285-7.
7. Benavides B., Monti G. Assessment of Natural Transmission of Bovine Leukemia Virus in Dairies from Southern Chile // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 12. N 13. DOI: 10.3390/ANI12131734.
8. Yang Y., Fan W., Mao Y., Yang Z., Lu G., Zhang R., Zhang H., Szeto C., Wang C. Bovine leukemia virus infection in cattle of China: Association with reduced milk production and increased somatic cell score // *Journal of Dairy Science*. Elsevier Ltd. 2016. Vol. 99. N 5. P. 3688–3697. DOI: 10.3168/jds.2015-10580.
9. Marawan M.A., Mekata H., Hayashi T., Sekiguchi S., Kirino Y., Horii Y., Moustafa A.M.M., Arnaout F.K., Galila E.S.M., Norimine J. Phylogenetic analysis of env gene of bovine leukemia virus strains spread in Miyazaki prefecture, Japan // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2017. Vol. 79. N 5. P. 912–916. DOI: 10.1292/JVMS.17-0055.
10. Ochirkhuu N., Konnai S., Odbileg R., Nishimori A., Okagawa T., Murata S., Ohashi K. Detection of bovine leukemia virus and identification of its genotype in Mongolian cattle // *Archives of Virology*. 2016. Vol. 161. N 4. P. 985–991. DOI: 10.1007/S00705-015-2676-8.
11. Gulyukin M.I., Ivanova L.A., Stepanova T.V., Barabanov I.I., Kozyreva N.G. Control and trends in the epizootic situation of bovine leukemia in 2000–2016 // *Russ J Agric Socioecon Sci. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017. Vol. 71. N 11. P. 530–537.
12. Гулюкин М.И., Гулюкин А.М., Донченко А.С., Донченко Н.А., Барсуков Ю.И., Логинов С.И., Агаркова Т.А., Разумовская В.В., Двоеглазов Н.Г., Осипова Н.А. Анализ эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота в Сибирском федеральном округе // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2021. Т. 51. №. 4. С. 67–75. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-4-8.

13. Ali A.F., Selim A., Manaa E.A., Abdelrahman A., Sakr A. Oxidative state markers and clinico-pathological findings associated with bovine leukemia virus infection in cattle // *Microbial Pathogenesis*. 2019. Vol. 136. DOI: 10.1016/J.MICPATH.2019.103662.
14. Двоеглазов Н.Г., Храмов В.В., Агаркова Т.А., Осипова Н.А. Сравнительный анализ применения ИФА и РИД при диагностике лейкоза крупного рогатого скота // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2015. №. 1. С. 89–93.
15. Buehring G.C., Shen H.M., Schwartz D.A., Lawson J.S. Bovine leukemia virus linked to breast cancer in Australian women and identified before breast cancer development // *PLoS One*. Public Library of Science. 2017. Vol. 12, № 6. P. e0179367. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0179367.
16. Осипова Н.А., Агаркова Т.А., Двоеглазов Н.Г., Храмов В.В. Оценка эффективности комплексных противолейкозных мероприятий в сельскохозяйственных предприятиях // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. №. 5. С. 73–79. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-10.
17. Донник И.М., Пономарева О.И., Кривонос Р.А., Лысенко А.А., Коцаев А.Г., Тихонов С.В., Кривоногова А.С., Петропавловский М.В., Черных О.Ю. Ликвидация лейкоза крупного рогатого скота в условиях промышленного производства // *Ветеринария Кубани*. 2021. №. 2. С. 3–8. DOI: 10.33861/2071-8020-2021-2-3-8.
18. Andoh K., Nishimori A., Sakumoto R., Hayashi K.G., Hatama S. The chemokines CCL2 and CXCL10 produced by bovine endometrial epithelial cells induce migration of bovine B lymphocytes, contributing to transuterine transmission of BLV infection // *Veterinary Microbiology*. 2020. Vol. 242. DOI: 10.1016/J.VETMIC.2020.108598.
- in human blood. *BMC Infectious Diseases*, 2019, vol. 19, no. 1. DOI: 10.1186/S12879-019-3891-9.
3. Maresca C., Costarelli S., Dettori A., Felici A., Iscaro C., Feliziani F. Enzootic bovine leukosis: report of eradication and surveillance measures in Italy over an 8-year period (2005–2012). *Preventive Veterinary Medicine*, 2015, vol. 119, no. 3–4. pp. 222–226. DOI: 10.1016/J.PRE-VETMED.2015.02.024.
4. Righi C., Iscaro C., Petrini S., Lomolino R., Feliziani F. Enzootic Bovine Leukosis in Italy: Epidemiological Issues after Free Status Recognition and Measures Applied to Tackle the Last Persistent Clusters. *Pathogens*. *Pathogens*, 2021, vol. 10, no. 11. DOI: 10.3390/PATHOGENS10111475.
5. Ladronka R.M., Ainsworth S., Wilkins M.J., Norby B., Byrem T.M., Bartlett P.C. Prevalence of Bovine Leukemia Virus Antibodies in US Dairy Cattle. *Veterinary Medicine International*, 2018, vol. 2018. DOI: 10.1155/2018/5831278.
6. Olaya-Galán N.N., Corredor-Figueroa A.P., Velandia-Álvarez S., Vargas-Bermudez D.S., Fonseca-Ahumada N., Nuñez K., Jaime J., Gutiérrez M.F. Evidence of bovine leukemia virus circulating in sheep and buffaloes in Colombia: insights into multispecies infection. *Archives of Virology*. 2022, vol. 167, no. 3, pp. 807–817. DOI: 10.1007/S00705-021-05285-7.
7. Benavides B., Monti G. Assessment of Natural Transmission of Bovine Leukemia Virus in Dairies from Southern Chile. *Animals (Basel)*, 2022, vol. 12, no. 13. DOI: 10.3390/ANI12131734.
8. Yang Y., Fan W., Mao Y., Yang Z., Lu G., Zhang R., Zhang H., Szeto C., Wang C. Bovine leukemia virus infection in cattle of China: Association with reduced milk production and increased somatic cell score. *Journal of Dairy Science*. Elsevier Ltd., 2016, vol. 99, no. 5, pp. 3688–3697. DOI: 10.3168/jds.2015-10580.
9. Marawan M.A., Mekata H., Hayashi T., Sekiguchi S., Kirino Y., Horii Y., Moustafa A.M.M., Arnaout F.K., Galila E.S.M., Norimine J. Phylogenetic analysis of env gene of bovine leukemia virus strains spread in Miyazaki prefecture, Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, 2017, vol. 79, no. 5, pp. 912–916. DOI: 10.1292/JVMS.17-0055.
10. Ochirkhuu N., Konnai S., Odbileg R., Nishimori A., Okagawa T., Murata S., Ohashi K. Detection of bovine leukemia virus and identification of its genotype in Mongolian cattle. *Archives of Virology*, 2016, vol. 161, no. 4, pp. 985–991. DOI: 10.1007/S00705-015-2676-8.

REFERENCES

1. Barez P.Y., de Brogniez A., Carpentier A., Gazon H., Gillet N., Gutiérrez G., Hamaidia M., Jacques J.R., Perike S., Sriramareddy S.N. Recent Advances in BLV Research. *Viruses*. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 2015, vol. 7, no. 11, p. 6080. DOI: 10.3390/V7112929.
2. Buehring G.C., Delaney A., Shen H., Chu D.L., Razavian N., Schwartz D.A., Demkovich Z.R., Bates M.N. Bovine leukemia virus discovered

11. Gulyukin M.I., Ivanova L.A., Stepanova T.V., Barabanov I.I., Kozyreva N.G. Control and trends in the epizootic situation of bovine leukemia in 2000–2016. *Russ J Agric Socioecon Sci. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 2017, vol. 71, no. 11, pp. 530–537.
12. Gulyukin M.I., Gulyukin A.M., Donchenko A.S., Donchenko N.A., Barsukov Yu.I., Loginov S.I., Agarkova T.A., Razumovskaya V.V., Dvoeglazov N.G., Osipova N.A. Analysis of the epizootic situation of cattle leukemia in the Siberian Federal District. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 4, pp. 67–75. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-4-8.
13. Ali A.F., Selim A., Manaa E.A., Abdelrahman A., Sakr A. Oxidative state markers and clinico-pathological findings associated with bovine leukemia virus infection in cattle. *Microbial Pathogenesis*, 2019, vol. 136. DOI: 10.1016/J.MICPATH.2019.103662.
14. Dvoeglazov N.G., Khrantsov V.V., Agarkova T.A., Osipova N.A. Comparative analysis of the use of ELISA and AGID in diagnosing bovine leukosis. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 1, pp. 89–93. (In Russian).
15. Buehring G.C., Shen H.M., Schwartz D.A., Lawson J.S. Bovine leukemia virus linked to breast cancer in Australian women and identified before breast cancer development. *PLoS One. Public Library of Science*, 2017, vol. 12, no. 6, p. e0179367. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0179367.
16. Osipova N.A., Agarkova T.A., Dvoeglazov N.G., Khrantsov V.V. Estimation of efficiency of comprehensive anti-leukemia measures in agricultural enterprises. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 5, pp. 73–79. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-10.
17. Donnik I.M., Ponomareva O.I., Krivonos R.A., Lysenko A.A., Koshaev A.G., Tikhonov S.V., Krivonogova A.S., Petropavlovsk M.V., Chernykh O.Yu. Elimination of bovine leukemia in industrial production conditions. *Veterinariya Kubani = Veterinaria Kubani*, 2021, no. 2, pp. 3–8. (In Russian). DOI: 10.33861/2071-8020-2021-2-3-8.
18. Andoh K., Nishimori A., Sakumoto R., Hayashi K.G., Hatama S. The chemokines CCL2 and CXCL10 produced by bovine endometrial epithelial cells induce migration of bovine B lymphocytes, contributing to transuterine transmission of BLV infection. *Veterinary Microbiology*, 2020, vol. 242. DOI: 10.1016/J.VETMIC.2020.108598.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бабошко Д.А., магистр биологических наук, младший научный сотрудник, ORCID: 0009-0003-9052-6427

✉ **Елфимов К.А.**, магистр биологических наук, стажер-исследователь; **адрес для переписки:** Россия, 630559, Новосибирская область, р.п. Кольцово, ул. Рассветная, 10; e-mail: elfimovkiril@yandex.ru, ORCID: 0009-0002-6635-2642

Кузьмин А.И., руководитель Управления ветеринарии Коченёвского района Новосибирской области, ORCID: 0009-0007-5798-4177

Рожков О.А., руководитель Управления ветеринарии Новосибирской области, ORCID: 0009-0000-0273-6175

Тотменин А.В., кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, ORCID: 0000-0002-7418-4872

Флеер М.В., главный ветеринарный врач, ORCID: 0009-0002-4122-3297

Гашикова Н.М., кандидат биологических наук, заведующая отделом ретровирусов, ORCID: 0000-0002-0891-0880

AUTHOR INFORMATION

Dmitry A. Baboshko, Master of Science in Biology, Junior Researcher, ORCID: 0009-0003-9052-6427

✉ **Kirill A. Efimov**, Master of Science in Biology, Intern Researcher; **address:** 10, Rassvetnaya St., Koltsovo, Novosibirsk Region, 630559, Russia; e-mail: elfimovkiril@yandex.ru, ORCID: 0009-0002-6635-2642

Alexander I. Kuzmin, Head of the Veterinary Department of the Kochenevsky District of the Novosibirsk Region, ORCID: 0009-0007-5798-4177

Oleg A. Rozhkov, Head of the Veterinary Department of the Novosibirsk Region, ORCID: 0009-0000-0273-6175

Alexey V. Totmenin, Candidate of Science in Biology, Laboratory Head, ORCID: 0000-0002-7418-4872

Maxim V. Fleer, Chief Veterinarian, ORCID: 0009-0002-4122-3297

Natalia M. Gashnikova, Candidate of Science in Biology, Head of the Department of Retroviruses, ORCID: 0000-0002-0891-0880

Дата поступления статьи / Received by the editors 12.09.2024

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.11.2024

Дата публикации / Published 25.12.2024