

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Обзорная статья

УДК 616.993.192.6

OECD: 04.04.00

ASJC: 1406, 1107

ГРНТИ: 06.71.07

Специальность ВАК 4.2.1

Приоритет СНТР РФ: Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству — разработка и внедрение систем рационального применения средств биологической защиты растений

126

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ БАБЕЗИОЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Деревянная Екатерина Анатольевна², Очиченко Алиса Валерьевна², Латынина Евгения Сергеевна¹

¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ,
кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы,
канд. вет. наук, доцент, научный руководитель
<https://orcid.org/0000-0001-5145-1184>

¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ,
кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы,
студент
<https://orcid.org/0000-0001-5145-1184>

Аннотация: Бабезиоз представляет собой зоонозное паразитарное заболевание, вызываемое протозойными возбудителями рода Babesia, которое наносит значительный ущерб сельскохозяйственному животноводству, особенно крупному рогатому скоту, овцам и козам. Основные возбудители у сельскохозяйственных животных — Babesia bovis, B. bigemina, B. divergens и B. ovis, передающиеся иксодовыми клещами. Традиционные методы диагностики, такие как микроскопия мазков крови, окрашенных по Гимзе, остаются золотым стандартом благодаря простоте и доступности, но обладают низкой чувствительностью при низкой паразитемии (менее 0,1%), что характерно для хронических носителей. Серологические тесты, включая ИФА и ИХЛА, выявляют антитела с чувствительностью до 95,9% и специфичностью 94,3% при использовании рекомбинантных химерных антигенов (rMABbo для B. bovis), но не отличают активную инфекцию от перенесенной.

Современные молекулярные методы радикально повысили точность диагностики. ПЦР и ее варианты (nPCR, qPCR) обнаруживают ДНК паразита с пределом детекции 1–10 копий/мкл, превосходя микроскопию в 100–1000 раз, и позволяют дифференцировать виды. LAMP обеспечивает изотермическую амплификацию за 30–60 мин без термоблока, с чувствительностью 50 фг ДНК, идеально для полевых условий. FISH-гибридизация визуализирует жизнеспособные паразиты в мазках за 2 часа с пределом 57–58 паразитов/мкл, отличая Babesia от Theileria и Plasmodium. Высокопроизводительные методы вроде RLB и TBDCapSeq подходят для скрининга клещей и смешанных инфекций.

Интеграция ИИ с цифровой микроскопией и анализом гематологических параметров (PLT, MPV) повышает чувствительность до 100%. Ключевые вызовы — ложноположительные ПЦР из-за остаточной ДНК и перекрестные реакции в серологии. Рекомендуется комбинированный подход: микроскопия + ПЦР для подтверждения, серология для эпиднадзора. Перспективы — мультиплексные панели и портативные биосенсоры для мониторинга

носителей, снижения экономических потерь и обеспечения безопасности продукции. Обзор подчеркивает переход к молекулярно-ориентированной диагностике для эффективного контроля бабезиоза в эндемичных регионах.

Ключевые слова: бабезии, пироплазмы, кровь, сельскохозяйственные животные.

Для цитирования: Деревянная Екатерина Анатольевна СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ БАБЕЗИОЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ / Деревянная Екатерина Анатольевна, Очиченко Алиса Валерьевна, Латынина Евгения Сергеевна // Агрофорсайт. 2025. № 4 — Саратов: ООО «ЦеСАин», 2025. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — Загл. с этикетки диска.

Финансирование: исследование проводилось за счет собственных средств.

MODERN METHODS OF DIAGNOSING BABESIOSIS IN FARM ANIMALS

127

Ekaterina Anatolyevna Derevyannaya, Alisa Valeryevna Ochichenko, Evgenia Sergeevna Latynina ¹,

¹Timiryazev Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, Department of Morphology and Veterinary-Sanitary Expertise,

PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-5145-1184>

Abstract: Babesiosis is a zoonotic parasitic disease caused by protozoan pathogens of the genus *Babesia*, which causes significant damage to livestock, particularly cattle, sheep, and goats. The main pathogens in farm animals are *Babesia bovis*, *B. bigemina*, *B. divergens*, and *B. ovis*, all transmitted by ticks. Traditional diagnostic methods, such as microscopy of Giemsa-stained blood smears, remain the gold standard due to their simplicity and availability, but have low sensitivity at low parasitemia (less than 0.1%), which is typical of chronic carriers. Serological tests, including ELISA and ICLAs, detect antibodies with a sensitivity of up to 95.9% and a specificity of 94.3% when using recombinant chimeric antigens (rMABbo for *B. bovis*), but do not differentiate active infection from past infection. Modern molecular methods have dramatically improved diagnostic accuracy. PCR and its variants (nPCR, qPCR) detect parasite DNA with a detection limit of 1–10 copies/µL, exceeding microscopy by 100–1000 times, and enable species differentiation. LAMP provides isothermal amplification in 30–60 minutes without a heat block, with a sensitivity of 50 fg DNA, ideal for field conditions. FISH hybridization visualizes viable parasites in swabs in 2 hours with a detection limit of 57–58 parasites/µL, distinguishing *Babesia* from *Theileria* and *Plasmodium*. High-throughput methods such as RLB and TBDCapSeq are suitable for screening ticks and mixed infections.

Integration of AI with digital microscopy and analysis of hematological parameters (PLT, MPV) increases sensitivity to 100%. Key challenges include false-positive PCR results due to residual DNA and cross-reactions in serology. A combined approach is recommended: microscopy and PCR for confirmation, and serology for surveillance. Potential opportunities include multiplex panels and portable biosensors for carrier monitoring, reducing economic losses, and ensuring product safety. The review emphasizes the transition to molecular-based diagnostics for effective babesiosis control in endemic regions.

Keywords: babesia, piroplasms, blood, farm animals.

Acknowledgments: I would like to express my gratitude to the supervisor who helped me prepare this article for publication.

Введение

Бабезиоз сельскохозяйственных животных — гемолитическая болезнь, вызываемая инвазией эритроцитов пироплазмами рода *Babesia*, приводящая к анемии, гемоглобинурии и падежу до 50% поголовья в острой формах. У крупного рогатого скота преобладают *B. bovis* и *B. bigemina*, у овец и коз — *B. ovis* и *B. motasi*. Хронические носители поддерживают эпидемический резерв, усугубляя трансмиссию через клещей *Rhipicephalus* и *Ixodes*. Диагностика критически важна для карантина, терапии и профилактики [1-3].

Традиционные методы уступают современным по чувствительности: микроскопия выявляет паразиты только при паразитемии >0,1%, серология фиксирует антитела через 7–14 дней. Молекулярные технологии обеспечивают раннюю детекцию и видовую идентификацию [4,9].

Материалы и методы исследования.

В настоящем обзоре литература была систематически проанализирована с использованием стратегий поиска, критериев включения/исключения и методов анализа данных. Рассмотрены различные информационные источники [1-10].

Основная часть. Результаты исследования.

Традиционные методы диагностики.

Микроскопия мазков крови

Микроскопия тонких и толстых мазков, окрашенных по Гимзе или Романовскому-Гимзе, остается базовым методом. Тонкие мазки оценивают морфологию (длина мерозоитов 2–5 мкм для крупных форм), толстые — паразитемию. Чувствительность 13,8–32,8% у КРС, но метод субъективен и неэффективен при <0,1% паразитемии. ИИ-интеграция с анализаторами (ADVIA) использует PLT, MPV и LUC% для предсказания с чувствительностью 100% [2,4].

Серологические методы.

ИФА и ИХЛА на рекомбинантных антигенах (MSA-2c, RAP-1, HSP20) достигают 95,9% чувствительности для *B. bovis*. сELISA выявляет 32,8% серопозитивных КРС против 13,8% по мазкам. Ограничения: перекрестные реакции с *Theileria*, персистенция антител >12 мес. Антиген-захватывающие ELISA (BdACA) детектируют секреторные антигены с порогом 115 инфицированных эритроцитов/мкл [4,9].

Молекулярно-биологические методы

ПЦР и ее модификации

ПЦР на 18S rRNA или гар-1 гены — золотой стандарт молекулярной диагностики. Nested-ПЦР детектирует 2 паразита/0,5 мл крови, qPCR — 1,5 инфицированных эритроцита/мкл для *B. bigemina*. Мультиплексные варианты дифференцируют *B. bovis/B. bigemina* в клещах. Преимущества: скорость, специфичность 100%, выявление носителей [6,7].

Изотермическая амплификация

LAMP амплифицирует ДНК при 60–65°C за 1 ч с чувствительностью 50 фг (*B. motasi*), в 10–100 раз выше ПЦР. RPA и CPA работают за 10–30 мин при 37–42°C, детектируя 0,25 паразита/мкл (*B. orientalis*). Идеальны для ферм без лабораторий [8-10].

FISH и гибридизация *in situ*

FISH с зондами на 18S rRNA визуализирует жизнеспособные *B. bovis*, *B. bigemina* за 2 ч (LOD 57 паразитов/мкл). Специфичность 100%, отличает от *Plasmodium*. Дешевле ПЦР, не требует амплификации [5].

Новые технологии и перспективы

RLB и TBDCapSeq обеспечивают высокопроизводительный скрининг 11 патогенов (LOD 1–10 копий). *Naemabiopte* секвенирует 16S/18S rDNA для смешанных инфекций. ИИ-модели (ML/CS) интегрируют гематологию с ПЦР. Перспективы: мультиплексные панели, биосенсоры, культивирование на моделях (SCID-мыши). Комбинация методов минимизирует ошибки [9].

Выводы.

В заключение подытожим - бабезиоз представляет собой зоонозное паразитарное заболевание, вызываемое протозойными возбудителями рода *Babesia*, которое наносит значительный ущерб сельскохозяйственному животноводству, особенно крупному

АгроФорсайт 4_2025

Agroforesight 4_2025

рогатому скоту, овцам и козам. Современные молекулярные методы радикально повысили точность диагностики, а интеграция ИИ с цифровой микроскопией и анализом гематологических параметров (PLT, MPV) повышает чувствительность до 100%.

Список источников

1. Jia Z. Research progress on diagnostic techniques for different Babesia species in persistent infections // Front. Cell. Infect. Microbiol. 2025. Vol. 15. P. 1575227. DOI: 10.3389/fcimb.2025.1575227. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12122443/>.
2. Бабезиоз крупного рогатого скота (КРС) : [сайт]. Минск : Белагропром, 2025. URL: <https://www.belagrogen.by/inform/blog/182-babeziot-krupnogo-rogatogo-skota-krs.html>.
3. Tavassoli M. PCR-based Detection of Babesia spp. Infection in Cattle // J. Arthropod-Borne Dis. 2013. Vol. 7, № 2. P. 142–148. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3875879/>.
4. Mahmoud M. S. Serological and molecular diagnostic surveys combined with routine testing // J Parasit Dis. 2015. Vol. 39. P. 387–396. DOI: 10.1007/s12639-013-0386-4. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4467044/>.
5. Shah J. S. A Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) Test for Diagnosing Babesiosis // Diagnostics (Basel). 2020. Vol. 10, № 6. P. 377. DOI: 10.3390/diagnostics10060377. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7344499/>.
6. Анализ Бабезиоз (ПЦР), №АН303КР для крупного рогатого скота : [сайт]. Москва : Vet Union, 2025. URL: <https://vetunion.ru/lab/analysis/pcr-diagnostika-infekcionnyh-zabolevaniy-obshchih-dlya-raznyh-vidov-zhivotnyh-krs/babeziot-ptsr>.
7. Oliveira-Sequeira T. C. G. PCR-based detection of Babesia bovis and B. bigemina // Int. J. Parasitol. 2005. Vol. 35, № 1. P. 37–43. DOI: 10.1016/j.ijpara.2004.10.013.
8. Rimal S. Bovine Babesiosis: A Clinical Review. Mathews J. Vet. Sci. 2025. URL: <https://www.mathewsopenaccess.com/full-text/bovine-babesiosis-a-clinical-review>.
9. Jaramillo Ortiz J. M. Research progress on diagnostic techniques for different Babesia species // Front. Cell. Infect. Microbiol. 2025. Vol. 15. P. 1575227.
10. AL-Hosary A. A. T. A. LAMP assay for diagnosis of bovine babesiosis // Adv. Vet. Res. 2017. Vol. 7. P. 74–80. URL: <https://advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/134>

References

1. Jia Z. Research progress on diagnostic techniques for different Babesia species in persistent infections // Front. Cell. Infect. Microbiol. 2025. Vol. 15. P. 1575227. DOI: 10.3389/fcimb.2025.1575227. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12122443/>.
2. Бабезиоз крупного рогатого скота (КРС) : [сайт]. Минск : Белагропром, 2025. URL: <https://www.belagrogen.by/inform/blog/182-babeziot-krupnogo-rogatogo-skota-krs.html>.
3. Tavassoli M. PCR-based Detection of Babesia spp. Infection in Cattle // J. Arthropod-Borne Dis. 2013. Vol. 7, № 2. P. 142–148. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3875879/>.
4. Mahmoud M. S. Serological and molecular diagnostic surveys combined with routine testing // J Parasit Dis. 2015. Vol. 39. P. 387–396. DOI: 10.1007/s12639-013-0386-4. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4467044/>.
5. Shah J. S. A Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) Test for Diagnosing Babesiosis // Diagnostics (Basel). 2020. Vol. 10, № 6. P. 377. DOI: 10.3390/diagnostics10060377. URL: <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7344499/>.
6. Анализ Бабезиоз (ПЦР), №АН303КР для крупного рогатого скота : [сайт]. Москва : Vet Union, 2025. URL: <https://vetunion.ru/lab/analysis/pcr-diagnostika-infekcionnyh-zabolevaniy-obshchih-dlya-raznyh-vidov-zhivotnyh-krs/babeziot-ptsr>.
7. Oliveira-Sequeira T. C. G. PCR-based detection of Babesia bovis and B. bigemina // Int. J. Parasitol. 2005. Vol. 35, № 1. P. 37–43. DOI: 10.1016/j.ijpara.2004.10.013.
8. Rimal S. Bovine Babesiosis: A Clinical Review. Mathews J. Vet. Sci. 2025. URL: <https://www.mathewsopenaccess.com/full-text/bovine-babesiosis-a-clinical-review>.
9. Jaramillo Ortiz J. M. Research progress on diagnostic techniques for different Babesia species // Front. Cell. Infect. Microbiol. 2025. Vol. 15. P. 1575227.
10. AL-Hosary A. A. T. A. LAMP assay for diagnosis of bovine babesiosis // Adv. Vet. Res. 2017. Vol. 7. P. 74–80. URL: <https://advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/134>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Обзорная статья

УДК 004.9:616.98

OECD: 04.04.00

ASJC: 1406,1107

ГРНТИ: 06.71.07

Специальность ВАК 4.2.1

Приоритет СНТР РФ: Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству — разработка и внедрение систем рационального применения средств биологической защиты растений

130

Латынина Евгения Сергеевна, Соловьев Юрий Сергеевич

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Латынина Евгения Сергеевна¹, Соловьев Юрий Сергеевич²

¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ,
кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы,
канд. вет. наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0001-5145-1184>

² ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ,
кафедра физической культуры,
преподаватель

Аннотация: Искусственный интеллект быстро завоевывает важное место в ветеринарной медицине, трансформируя традиционные подходы к диагностике и лечению животных. Современные технологии ИИ позволяют повысить точность диагностики, ускорить обработку данных и улучшить качество ухода. Применение машинного обучения и глубокого обучения способствует созданию новых инструментов для анализа медицинских изображений и лабораторных исследований. Однако широкое внедрение ИИ порождает ряд этических, правовых и технических вопросов, требующих комплексного рассмотрения. Настоящая статья направлена на обзор основных направлений и перспектив использования ИИ в ветеринарии, демонстрируя потенциал технологий для улучшения здоровья животных и эффективности ветеринарной практики.

В статье рассматриваются современные направления применения искусственного интеллекта (ИИ) в ветеринарной медицине, подчеркивающие быстрое развитие технологий и их влияние на диагностику, лечение и мониторинг здоровья животных. Анализируются ключевые технологии ИИ, такие как машинное обучение, глубокое обучение и компьютерное зрение, и их интеграция в различные области ветеринарии, включая радиологию, лабораторную диагностику, хирургические процедуры и управление эпидемиями. Особое внимание уделяется примерам успешного применения ИИ в диагностике заболеваний, например, для распознавания патологий на рентгеновских снимках и анализе гематологических данных. Обсуждаются вызовы, связанные с этическими и правовыми аспектами использования ИИ, вопросы безопасности данных и необходимость стандартизации методов. Подчеркивается потенциал ИИ для повышения точности и эффективности ветеринарной медицины, а также для сокращения времени диагностики и улучшения прогноза. Статья также рассматривает перспективы дальнейшего внедрения ИИ, включая развитие робототехнических систем и автоматизированных мониторинговых платформ. Итогом работы является комплексный обзор, способствующий пониманию текущих трендов и стимулирующий дальнейшие исследования и применение ИИ в ветеринарной практике.

Ключевые слова: искусственный интеллект, технологии, ветеринарная медицина

Для цитирования: Латынина Евгения Сергеевна СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЕ / Латынина Евгения Сергеевна, Соловьев Юрий Сергеевич // АгроФорсайт. 2025. № 4— Саратов: ООО «ЦеСАин», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

Финансирование: исследование проводилось за счет собственных средств.