

Научная статья

УДК 619:616.993:636.2

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-2-163-169>

Визуальная и молекулярно-серологическая диагностика саркоцистоза крупного рогатого скота

Игорь Геннадьевич Гламаздин¹, Йозеф Рутаганира², Ольга Александровна Панова³, Наталья Юрьевна Сысоева⁴, Дадулла Халим⁵

^{1,2,4} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Москва, Россия

³ Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

⁵ Университет Аль-Берони, сельскохозяйственный факультет, кафедра зоологии, Афганистан

¹ glamazdin@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7119-906X>

² rutaganirajoseph@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-5939-8365>

³ panova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9254-0167>

⁴ SysoevaNY@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5149-590X>

⁵ dadullahhaleem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-96861267>

Аннотация

Цель исследования – дать сравнительную оценку эффективности разных методов диагностики саркоцистоза крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Исследовали 78 туш крупного рогатого скота, используя методы и правила ветеринарно-санитарной экспертизы. Осматривали мускулатуру пищевода и других частей туши, а также селезенку, легкие, печень, почки. Использовали компрессорный метод исследования. Всего на тканевый саркоцистоз анализировали 156 компрессориумов от 78 туш крупного рогатого скота. Для прижизненной диагностики саркоцистоза крупного рогатого скота использовали молекулярно-серологический метод (ИФА), разработанный на основе принципов определения антител.

Результаты и обсуждение. При использовании двух методов диагностики – визуального осмотра и компрессорно-микроскопического, выявлено 13 саркоцистозных туш из 78, что составляет 16,6%. При исследовании сывороток крови от крупного рогатого скота с помощью ИФА число саркоцистозных животных увеличилось еще на 23 случая. Таким образом, при использовании тестов, основанных на разных принципах, нами обнаружено 36 зараженных саркоцистозом животных из 78 обследованных, что составляет 46%.

Ключевые слова: саркоцистоз, крупный рогатый скот, диагностика, ИФА, компрессорный метод

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Гламаздин И. Г., Рутаганира Й., Панова О. А., Сысоева Н. Ю., Халим Д. Визуальная и молекулярно-серологическая диагностика саркоцистоза крупного рогатого скота // Российский паразитологический журнал. 2024. Т. 18. № 2. С. 163–169.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-2-163-169>

© Гламаздин И. Г., Рутаганира Й., Панова О. А., Сысоева Н. Ю., Халим Д., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article

Visual and molecular serologic diagnosis of sarcocystosis in cattle

Igor G. Glamazdin¹, Josef Rutaganira², Olga A. Panova³,
Natalia Y. Sysoeva⁴, Dadullah Halim⁵

^{1,2,4} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)", Moscow, Russia

³ All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV" (VNIIP – FSC VIEV), Moscow, Russia

⁵ Al-Beroni University, Faculty of Agriculture, Department of Zoology, Afghanistan

¹ glamazdin@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7119-906X>

² rutaganirajoseph@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-5939-8365>

³ panova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9254-0167>

⁴ SysoevaNY@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5149-590X>

⁵ dadullahaleem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-96861267>

Abstract

The purpose of the research is to provide a comparative assessment of efficacy of different diagnostic methods for sarcocystosis in cattle.

Materials and methods. Seventy-eight bovine carcasses were examined using methods and regulations of veterinary and sanitary examination. Muscles of the esophagus and other parts of the carcass as well as the spleen, lungs, the liver, and kidneys were examined. The compressor research method was used. A total of 156 compressoria from 78 bovine carcasses were analyzed for tissue sarcocystosis. For life-time diagnostics of bovine sarcocystosis, a molecular serologic method (ELISA) was used that was developed based on antibody detection principles.

Results and discussion. Two diagnostic methods, visual inspection and compressor microscopy, identified 13 out of 78 carcasses with *Sarcocystis* species, which was 16.6%. The number of sarcocystosis animals increased by another 23 cases when studying blood sera from the cattle using ELISA. Thus, we found 36 animals suffering from sarcocystosis out of 78 examined, which was 46%, with tests based on different principles.

Keywords: sarcocystosis, cattle, diagnostics, ELISA, compression method

Financial Disclosure: none of the authors has financial interest in the submitted materials or methods.

There is no conflict of interests.

For citation: Glamazdin I. G., J. Rutaganira, Panova O. A., Sysoeva N. Y., Halim D. Visual and molecular serologic diagnosis of sarcocystosis in cattle. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2024; 18(2):163–169. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-2-153-169>

© Glamazdin I. G., J. Rutaganira, Panova O. A., Sysoeva N. Y., Halim D., 2024

Введение

Возбудителем саркоцистоза у крупного рогатого скота являются *Sarcocystis cruzi* (*S. bovicanis*) (окончательные хозяева: собаки, койоты, волки, лисицы, еноты и др.), *S. hirusta* (*S. bovisfelis*) и *S. bovini* (окончательные хозяева: кошачьи), *S. hominis* (*S. bovihominis*)

и *S. heydorni* (окончательный хозяин: человек и некоторые виды обезьян) и др. виды [2, 11, 13].

Саркоцистоз у крупного рогатого скота регистрируют во всем мире; его распространенность варьирует от 36,2 до 100%. Особенно часто встречаются *S. cruzi* и *S. hominis* [13].

Обычно клинических признаков саркоцистоза у животных не наблюдают [13]. Однако, в некоторых случаях могут быть описаны неспецифические признаки: лихорадка, анорексия, миозиты, увеличение поверхностных лимфоузлов, угнетение, анемия, диарея, мышечный тремор, ускорение частоты сердечных сокращений, одышка, гиперсаливация, аборт, геморрагический диатез, энцефалит и энцефаломиелит [2, 4, 10].

При лабораторной диагностике отмечают повышение уровня фермента креатинкиназы (связано с наличием миозита) и снижение альбумина, гемоглобина и эритроцитов [2, 11].

Эозинофильный миозит крупного рогатого скота, представляющий собой специфическую воспалительную миопатию, может быть связан с инвазией *S. cruzi* и *S. hominis* [6, 13].

Существует два зоонозных вида, заражающих крупный рогатый скот саркоцистозом – *S. hominis* и *S. heydorni*, которые могут естественным образом заражать людей при употреблении ими в пищу недостаточно термически приготовленного зараженного мяса крупного рогатого скота, содержащего инвазионные саркоцисты. Крупный рогатый скот заражается *S. hominis/S. heydorni* при употреблении контаминированного ооцистами силоса и/или воды. Как правило, люди служат окончательными хозяевами для саркоцист (кишечная форма инвазии). Однако, описаны случаи и тканевого саркоцистоза у человека. Поэтому саркоцистоз имеет большое социальное значение. Тканевые цисты саркоцист можно выявлять либо послеубойным исследованием мышц или молекулярно-серологическими методами для прижизненной диагностики этой болезни.

Целью исследований было дать сравнительную оценку эффективности разных методов диагностики саркоцистоза у крупного рогатого скота.

Материалы и методы

Исследовали 78 туш крупного рогатого скота, используя методы и правила ветеринарно-санитарной экспертизы. Осматривали мускулатуру пищевода и других частей туши, а также селезенку, легкие, печень, почки. Компрессорным методом исследованы образцы поперечнополосатой мускулатуры; заполняли по 2 компрессориума (48 срезов) от каждой

туши. Всего на тканевый саркоцистоз проанализировали 156 компрессориумов. Срезы поперечно-полосатой мускулатуры исследовали при малом увеличении стереомикроскопа ($\times 70$). Для прижизненной диагностики саркоцистоза у крупного рогатого скота использовали молекулярно-серологический метод (ELISA), разработанный на основе принципов определения антител. Чувствительность и специфичность ELISA определяли путем сравнительного анализа результатов двух подходов: серологического теста (прижизненный) и двух методов визуального осмотра и компрессорного-микроскопического (послеубойного).

Полученные результаты обработали статистически с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

По результатам послеубойного визуального исследования были обнаружены 7 туш, пораженных саркоцистами. Тканевые цисты были похожи на рисовые зерна серого цвета. Рутинными методами ветеринарно-санитарной экспертизы тканевые цисты обнаруживали в мышечном слое пищевода. Как правило, они покрывались соединительно-тканной капсулой хозяина. Средний размер таких образований достигал 1,5 см.

Визуальное исследование формы и размеров тканевой цисты из разных частей туши крупного рогатого скота демонстрирует либо особенности на разных стадиях развития возбудителя, либо наличие разных видов саркоцист (рис. 1, 2).

Таким образом, при визуальном осмотре туш крупного рогатого скота, который применяют при ветеринарно-санитарной экспертизе, было выявлено 7 саркоцистозных туш из 78 осмотренных, что составляет 9%.

При использовании компрессорного метода было диагностировано еще 6 саркоцистозных туш. Таким образом, при использовании двух методов – визуального осмотра и компрессорного (микроскопического), выявлено 13 саркоцистозных туш из 78, что составило 16,6%. Увеличение эффективности диагностики саркоцистоза у крупного рогатого скота при использовании двух методов составило 7,6%.

Саркоцисты, обнаруженные в скелетных мышцах, были микроскопических размеров:



Рис. 1. Визуально. Саркоцисты в мышечной стенке пищевода крупного рогатого скота

[Fig. 1. Visually. Sarcocysts in the muscular wall of the esophagus of cattle]

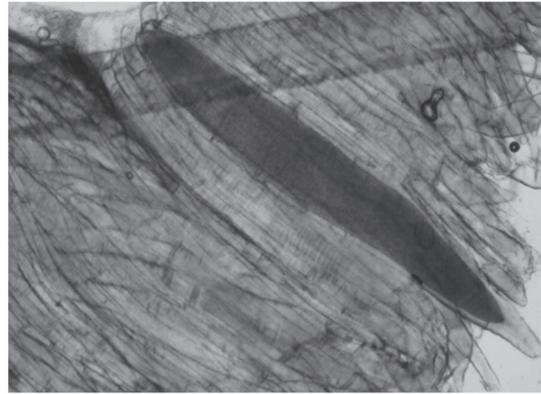


Рис. 2. Компрессорно. Саркоциста в мышечной ткани тазобедренной мускулатуры крупного рогатого скота

[Fig. 2. Compressor. Sarcocyst in the muscle tissue of the hip musculature of cattle]



Рис. 3. Микросаркоцисты внутри мышечного волокна (оригинал)

[Fig. 3. Microsarcocysts inside muscle fiber (original)]

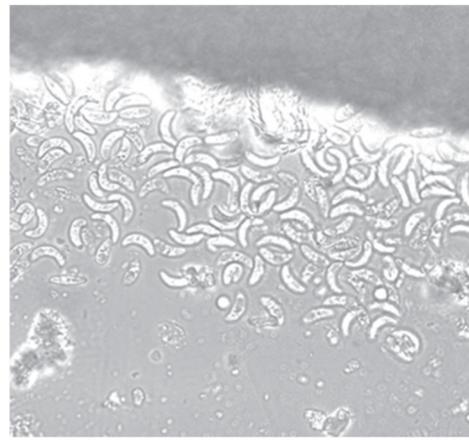


Рис. 4. Эндозоиты, полученные из камер микросаркоцист (оригинал)

[Fig. 4. Endozoites obtained from chambers microsarcocyst (original)]

0,3 × 0,4 мм (рис. 1, 2). На стенке (оболочке) саркоцист были заметны внутренние ворсинчатые выступы. Сами тканевые цисты имели рельефную поверхность и были разделены септами на внутренние камеры, внутри которых локализовались банановидные эндозоиты (брадизоиты).

Для прижизненной диагностики саркоцистоза у крупного рогатого скота нами разработан серологический тест на основе принципов иммуноферментного анализа (ИФА, ELISA). Было доказано, что метод выявления антител против *Sarcocystis* spp. у крупного рогатого скота полезен для диагностики острого саркоцитоза у естествен-

но зараженных животных. Серологический метод не идеален для точного выявления *Sarcocystis* spp. из-за перекрестной реакции между близкородственными видами, особенно когда в реакции используют неочищенные антигены из тканевых цист [8].

Чувствительность и специфичность ИФА определяли путем сравнительного анализа результатов двух подходов: серологического теста (прижизненный) и двух методов визуального осмотра и компрессорного-микроскопического (послеубойного). Из 78 сывороток крови от скота с инвазией и без 23 реагировали с диагностическим антигеном в титрах 1 : 70. Таким образом, в крови исследованных

животных содержались антитела к белкам *Sarcocystis* spp. (29,5%).

ИФА в наших экспериментах имела 83%-ную чувствительность при микросаркоцистозной инвазии. Однако, при исследовании сывороток крови, в которых не было обнаружено тканевых цист, оказались антитела к ан-

тигенам саркоцист (табл.). В целом, для прижизненной диагностики саркоцистоза можно применять иммуноферментный метод, который характеризуется своей эффективностью [1]. ИФА можно использовать как для экспериментальных исследований, так и в рутинной практике.

Таблица [Table]

Чувствительность ELISA при саркоцистозе крупного рогатого скота с различными формами тканевых цист
[Sensitivity of ELISA at bovine sarcocystosis with various forms of tissue cysts]

Форма тканевой инвазии [Form of tissue infection]	Число исследованных сывороток крови [Number of blood sera examined]	Число положительных ответов [Number of positive responses]	Чувствительность, % [Sensitivity, %]
Визуальная [Visual]	7	7	100
Микроскопическая [Microscopic]	6	5	83
Без тканевых цист [No tissue cysts]	65	23	35 *

Примечание. [Note]. * – возможные ложноположительные реакции [possible false positive reactions]

По нашим результатам, визуальный и компрессорно-микроскопический методы могут пропускать часть и нвазированных туш, а серологический тест может давать перекрестные реакции с белками хозяина и гетерологичными инвазиями.

Распространенность саркоцистоза у крупного рогатого скота тесно связана с большим числом дефинитивных хозяев, которые находятся вблизи ферм и пастбищ жвачных животных. Многое также зависит от состояния окружающей среды, культурных практик человека в тех или иных регионах, управления фермами и зоогигиеной.

Заключение

При визуальном осмотре туш крупного рогатого скота нами обнаружено 7 саркоцистозных случаев из 78 осмотренных нами туш. При исследовании компрессорно-микроскопическим методом было выявлено еще 6 саркоцистозных туш. Таким образом, при использовании двух методов – визуального осмотра и компрессорно-микроскопического, нами выявлено 13 саркоцистозных туш из 78, что составляет 16,6%. Результаты наших исследований позволяют нам утверждать о хорошей воспроизводимости результатов ИФА; число саркоцистозных туш еще увеличилось на 23 случая. Таким образом, в наших эксперимен-

тах было обнаружено 36 зараженных саркоцистами животных из 78 обследованных (46%).

Список источников

1. Гламаздин И. Г., Сысоева Н. Ю., Крюковская Г. М., Ли Е. В. Эффективность иммунодиагностических исследований при тканевых паразитозах свиней // Health, Food & Biotechnology. 2019. №1 (4). С. 11-18.
2. Дроздова Л. И., Кундрюкова У. И. Саркоцистоз крупного рогатого скота // БИО. 2019. № 9 (228). С. 32-33.
3. Полянская О. В., Сивков Г. С. Распространение саркоцистоза крупного рогатого скота в Тюменской области // «Проблемы энтомологии и арахнологии»: сборник научных трудов. Тюмень, 2002. С. 134-136.
4. Cerva L., Cerná Z. Indirect haemagglutination reaction with *Sarcocystis dispersa* antigen. Folia Parasitol. (Praha). 1982; № 29 (3): 219-225.
5. Cerva L., Gut J. Indirect haemagglutination reaction with antigen of *Sarcocystis gigantea* (Railliet, 1886) Ashford, 1977. Folia Parasitol. (Praha). 1983; 30 (3): 223-228.
6. Dini F. M., Caffara M., Jacinto J. G. P., Benazzi C., Gentile A., Galuppi R. A Case of Bovine Eosinophilic Myositis (BEM) Associated with Co-Infection by *Sarcocystis hominis* and

- Toxoplasma gondii. *Animals (Basel)*. 2023; 13 (2): 311.
7. Gjerde B. Molecular characterisation of *Sarcocystis bovis*, *Sarcocystis bovini* n. sp., *Sarcocystis hirsuta* and *Sarcocystis cruzi* from cattle (*Bos taurus*) and *Sarcocystis sinensis* from water buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Parasitol. Res.* 2016; 115 (4): 1473-1492.
 8. Habeeb Y. S. M., Selim M. A., Ali M. S., Mahmoud L. A., Adel Hadi A. M., Shafei A. Serological diagnosis of extraintestinal sarcocystosis. *J. Egypt Soc. Parasitol.* 1996; 26: 393-400.
 9. Lindsay D. S., Dubey J. P. Neosporosis, Toxoplasmosis, and Sarcocystosis in Ruminants: An Update. *Vet. Clin. North Amer. Food Anim. Pract.* 2020; 36 (1): 205-222.
 10. Svobodová V. Use of ELISA for the diagnostics of ovine sarcocystosis. *Folia parasitologica.* 1991; 38 (4): 303-308.
 11. Tenter A. M. Current research on *Sarcocystis* species of domestic animals. *Intern. J. Parasitol.* 1995; 25 (11): 1311-1330.
 12. Ugglia A., Buxton D. Immune responses against *Toxoplasma* and *Sarcocystis* infections in ruminants: diagnosis and prospects for vaccination. *Rev. Sci. Tech.* 1990; 9 (2): 441-462.
 13. Vangeel L., Houf K., Chiers K., Vercruyssen J., D'Herde K., Ducatelle R. Molecular-based identification of *Sarcocystis hominis* in Belgian minced beef. *J. Food Prot.* 2007; 70: 1523-1526.
 14. Author links open overlay panelKatie Waine, Paul M. Bartley, Alistair Cox, Reuben Newsome, Ben Strugnell, Frank Katzer
 15. Zeng H., Van Damme I., Kabi T. W., Šoba B., Gabriël S. *Sarcocystis* species in bovine carcasses from a Belgian abattoir: a cross-sectional study. *Parasit. Vectors.* 2021; 14: 271.

Статья поступила в редакцию 26.02.2024; принята к публикации 15.05.2024

Об авторах:

Гламаздин Игорь Геннадьевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-7119-906X, glamazdin@mgupp.ru

Рутаганира Йозеф, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0001-5939-8365, rutaganirajoseph@yahoo.com

Панова Ольга Александровна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-9254-0167, panova@vniigis.ru

Сысоева Наталья Юрьевна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0002-5149-590X, SysoevaNY@mgupp.ru

Халим Дадулла, Университет Аль-Берони (Афганистан), ORCID ID: 0000-0001-96861267, dadullahaleem@gmail.com

Вклад соавторов:

Гламаздин Игорь Геннадьевич – исследование материала, обзор публикаций по теме статьи, разработка дизайна опытов, написание текста рукописи.

Рутаганира Йозеф – обзор публикаций по теме статьи, исследование материала

Панова Ольга Александровна – исследование материала, обзор публикаций по теме статьи, разработка дизайна опытов, написание текста рукописи.

Сысоева Наталья Юрьевна – анализ и интерпретация полученных данных

Халим Дадулла – обзор публикаций по теме статьи, исследование материала.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Glamazdin I. G., Sysoeva N. Yu., Kryukovskaya G. M., Li E. B. Efficiency of immunodiagnostic studies in tissue parasitosis of pigs. *Health, Food & Biotechnology.* 2019; 1 (4): 11-18. (In Russ.)
2. Drozdova L. I., Kundryukova U. I. Sarcocystosis in cattle. *BIO.* 2019; 9 (228): 32-33. (In Russ.)
3. Polyanskaya O. V., Sivkov G. S. Spread of sarcocystosis in cattle in the Tyumen Region. *«Problemy entomologii i arakhnologii»: sbornik*

- nauchnykh trudov «Issues of entomology and arachnology»: collection of scientific papers.* Tyumen, 2002; 134-136. (In Russ.)
4. Cerva L., Cerná Z. Indirect haemagglutination reaction with *Sarcocystis dispersa* antigen. *Folia Parasitol.* (Praha). 1982; 29 (3): 219-225.
 5. Cerva L., Gut J. Indirect haemagglutination reaction with antigen of *Sarcocystis gigantea* (Railliet, 1886) Ashford, 1977. *Folia Parasitol.* (Praha). 1983; 30 (3): 223-228.
 6. Dini F. M., Caffara M., Jacinto J. G. P., Benazzi C., Gentile A., Galuppi R. A Case of Bovine Eosinophilic Myositis (BEM) Associated with Co-Infection by *Sarcocystis hominis* and *Toxoplasma gondii*. *Animals* (Basel). 2023; 13 (2): 311.
 7. Gjerde B. Molecular characterisation of *Sarcocystis bovifelis*, *Sarcocystis bovini* n. sp., *Sarcocystis hirsuta* and *Sarcocystis cruzi* from cattle (*Bos taurus*) and *Sarcocystis sinensis* from water buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Parasitol. Res.* 2016; 115 (4): 1473-1492.
 8. Habeeb Y. S. M., Selim M. A., Ali M. S., Mahmoud L. A., Adel Hadi A. M., Shafei A. Serological diagnosis of extraintestinal sarcocystosis. *J. Egypt Soc. Parasitol.* 1996; 26: 393-400.
 9. Lindsay D. S., Dubey J. P. Neosporosis, Toxoplasmosis, and Sarcocystosis in Ruminants: An Update. *Vet. Clin. North Amer. Food Anim. Pract.* 2020; 36 (1): 205-222.
 10. Svobodová V. Use of ELISA for the diagnostics of ovine sarcocystosis. *Folia parasitologica.* 1991; 38 (4): 303-308.
 11. Tenter A. M. Current research on *Sarcocystis* species of domestic animals. *Intern. J. Parasitol.* 1995; 25 (11): 1311-1330.
 12. Uggla A., Buxton D. Immune responses against *Toxoplasma* and *Sarcocystis* infections in ruminants: diagnosis and prospects for vaccination. *Rev. Sci. Tech.* 1990; 9 (2): 441-462.
 13. Vangeel L., Houf K., Chiers K., Vercruyse J., D'Herde K., Ducatelle R. Molecular-based identification of *Sarcocystis hominis* in Belgian minced beef. *J. Food Prot.* 2007; 70: 1523-1526.
 14. Author links open overlay panelKatie Waine, Paul M. Bartley, Alistair Cox, Reuben Newsome, Ben Strugnell, Frank Katzer
 15. Zeng H., Van Damme I., Kabi T. W., Šoba B., Gabriël S. *Sarcocystis* species in bovine carcasses from a Belgian abattoir: a cross-sectional study. *Parasit. Vectors.* 2021; 14: 271.

The article was submitted 26.02.2024; accepted for publication 15.05.2024

About the authors:

Glamazdin Igor G., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)" (11, Volokolamskoye Shosse, Moscow, 125080), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0001-7119-906X, glamazdin@mgupp.ru

Rutaganira Josef, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)" (11, Volokolamskoye Shosse, Moscow, 125080), Moscow, Russia, ORCID ID: 0000-0001-5939-8365, rutaganirajoseph@yahoo.com

Panova Olga A., VNIIP – FSCVIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0001-9254-0167, panova@vniigis.ru

Sysoeva Natalia Y., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)" (11, Volokolamskoye Shosse, Moscow, 125080), Moscow, Russia, ORCID ID: 0000-0002-5149-590X, SysoevaNY@mgupp.ru

Halim Dadullah, Al-Beroni University (Afghanistan), ORCID ID: 0000-0001-96861267, dadullahhaleem@gmail.com

Contribution of co-authors:

Glamazdin Igor G. – material research, review of publications on the topic of the article, experimental design development, manuscript text.

Rutaganira Josef – review of publications on the topic of the article, material research.

Panova Olga A. – material research, review of publications on the topic of the article, experimental design development, manuscript text.

Sysoeva Natalia Y. – obtained data analysis and interpretation.

Halim Dadullah – review of publications on the topic of the article, material research.

All authors have read and approved the final manuscript.