



Всероссийский научно-исследовательский институт  
фундаментальной и прикладной паразитологии  
животных и растений

Филиал ФГБНУ «ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт  
экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко РАН»

**Том 17**  
**Выпуск 3'2023**

ISSN 1998-8435 (Print)  
ISSN 2541-7843 (Online)

# РОССИЙСКИЙ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

*Фундаментальные и прикладные вопросы паразитологии*

## В ВЫПУСКЕ:

- Фауна, морфология и систематика паразитов  
*• Fauna, Morphology and Systematics of Parasites*
- Эпизоотология, эпидемиология и мониторинг паразитарных болезней  
*• Epizootology, Epidemiology and Monitoring of Parasitic Diseases*
- Биохимия, биотехнология и диагностика  
*• Biochemistry, Biotechnology and Diagnostics*
- Фармакология, токсикология  
*• Pharmacology, Toxicology*
- Лечение и профилактика  
*• Treatment and Prevention*
- Паразиты растений  
*• Parasites of Plants*

**RUSSIAN JOURNAL OF PARASITOLOGY**

Vol. 17  
Issue 3'2023



Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал ФГБНУ «ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко РАН»

DOI: 10.31016/1998-8435-2023-17-3

ISSN 1998-8435 (Print)  
ISSN 2541-7843 (Online)

# РОССИЙСКИЙ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**Том 17**  
**Выпуск 3'2023**

*Фундаментальные и прикладные вопросы паразитологии*



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”

DOI: 10.31016/1998-8435-2023-17-3

ISSN 1998-8435 (Print)  
ISSN 2541-7843 (Online)

# RUSSIAN JOURNAL OF PARASITOLOGY

**Vol. 17**  
**Issue 3'2023**

*Fundamental and Applied Questions of Parasitology*

Научно-практический журнал

#### УЧРЕДИТЕЛЬ

ФГБНУ «ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко РАН»  
109428 г. Москва, Рязанский проспект, д. 24, корп. 1

#### ИЗДАТЕЛЬ

Всероссийский НИИ фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН  
117218 г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 28

#### РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

117218 г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 28  
Телефон: +7 (499) 124-5655, 124-33-35, 125-66-98

Scientific and practice-oriented journal

#### FOUNDER

Federal State Budget Scientific Institution  
“Federal Scientific Centre VIEV”  
Ryazansky avenue, 24-1, 109428, Moscow, Russian Federation

#### PUBLISHER

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”  
B. Cheremushkinskaya st., 28, 117218, Moscow, Russian Federation

#### EDITORS OFFICE ADDRESS

B. Cheremushkinskaya st., 28, 117218, Moscow, Russian Federation  
Tel.: +7 (499) 124-5655, 124-33-35, 125-66-98

E-mail: [journal@vniigis.ru](mailto:journal@vniigis.ru)  
Website: <https://www.vniigis.ru>

**«РОССИЙСКИЙ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ»**

Международный журнал по фундаментальным и прикладным вопросам паразитологии

«Российский паразитологический журнал» предназначен для научных исследователей в области медицинской, ветеринарной и фитопаразитологии из различных стран мира: России, стран СНГ, Ближнего и Дальнего Зарубежья.

Журнал является Международным научно-практическим изданием по фундаментальным и прикладным вопросам паразитологии и единственным в России изданием по ветеринарной паразитологии и фитогельминтологии.

Журнал рекомендован **ВАК Минобрнауки России** для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций и включен в 1-ю категорию изданий.

Журнал включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**. Полнотекстовые версии статей, публикуемых в журнале, доступны на сайте Научной электронной библиотеки **eLIBRARY.RU** (<https://elibrary.ru>).

В настоящее время журнал присутствует и индексируется в российских и международных наукометрических базах данных и специализированных ресурсах, таких как RSCI, Agris и др.

Журнал является членом Комитета по этике научных публикаций, Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и CrossRef.

Журнал придерживается лицензии «Creative Commons Attribution 4.0 License». Все материалы журнала доступны бесплатно для пользователей.

Авторы имеют право распространять свои материалы без ограничений, но со ссылкой на журнал.

<https://www.vniigis.ru>

**Российский паразитологический журнал**

Журнал издается с 2007 года

Зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций  
Свидетельство ПИ № ФС77-26864 от 12 января 2007 г.

Перерегистрирован по причине изменения названия учредителя  
Свидетельство ПИ № ФС77-74051 от 19 октября 2018 г.

Выходит 1 раз в квартал

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН282

Журнал рекомендован ВАК Минобрнауки России для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

**Всероссийский НИИ фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН**

Руководитель: М. В. Арисов

Зам. руководителя по науке: И. А. Архипов

Тираж: 100 экз. Заказ № 2-001-3/2023. Свободная цена.

Формат: 70 x 108 1/16. Усл. печ. л. 10,68.

Подписано в печать: 28.09.2023

Электронная версия журнала:

<https://www.vniigis.ru>, <https://www.elibrary.ru>

Редакция приносит извинения за случайные грамматические ошибки.

Знаком информационной продукции не маркируется.

© Всероссийский НИИ фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, 2023

**РЕДАКЦИЯ****Главный редактор**

**АРХИПОВ Иван Алексеевич**, доктор ветеринарных наук, профессор, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Scopus ID: 12783579100, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru) (Москва, Россия)

**Заместители главного редактора**

**АРИСОВ Михаил Владимирович**, доктор ветеринарных наук, профессор РАН, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru) (Москва, Россия)

**УСПЕНСКИЙ Александр Витальевич**, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, [a.v.uspensky@mail.ru](mailto:a.v.uspensky@mail.ru) (Москва, Россия)

**Научный редактор**

**АРХИПОВА Дина Рамильевна**, кандидат биологических наук, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru) (Москва, Россия)

**Ответственный секретарь**

**ВАРЛАМОВА Анастасия Ивановна**, доктор биологических наук, [secretar@vniigis.ru](mailto:secretar@vniigis.ru) (Москва, Россия)

**Переводчик**

**ЯРЦЕВА Ангелина Сергеевна**, [bplogistika@mail.ru](mailto:bplogistika@mail.ru) (Москва, Россия)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**ВАСИЛЕВИЧ Федор Иванович**, академик РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина; ORCID ID:0000-0003-0786-5317; SCOPUS ID: 57190309524; Researcher ID: K-9491-2015, rector@mgavm.ru (Москва, Россия)

**ЗИНОВЬЕВА Светлана Васильевна**, доктор биологических наук, Центр паразитологии ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН; ORCID ID: 0000-0002-0969-4569; SCOPUS ID: 6701599663; Researcher ID: Q-1756-2015; zinovievas@mail.ru (Москва, Россия)

**КУРОЧКИНА Каринэ Гегамовна**, доктор ветеринарных наук, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; vog@vniigis.ru (Москва, Россия)

**МАЛЫШЕВА Наталия Семеновна**, доктор биологических наук, профессор, Курский Государственный Университет; SCOPUS ID: 7004568180; malisheva64@mail.ru (Курск, Россия)

**МОВСЕСЯН Сергей Оганесович**, академик НАН Армении, Центр паразитологии ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН; SCOPUS ID: 6506375449; movsesyan@list.ru (Москва, Россия)

**НАЧЕВА Любовь Васильевна**, доктор биологических наук, профессор, Кемеровский государственный медицинский университет; SCOPUS ID: 6506186615; nacheva.48@mail.ru (Кемерово, Россия)

**НОВИК Тамара Самуиловна**, доктор биологических наук, профессор, ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; ORCID ID: 0000-0001-9317-2052; Scopus ID: 6601960888; Researcher ID: U-6372-2018; novik.tamara@mail.ru (Москва, Россия)

**ОДОЕВСКАЯ Ирина Михайловна**, кандидат биологических наук, ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; ORCID ID: 0000-0002-3644-5592; Scopus ID: 24470255200; Researcher ID: B-1947-2017; odoevskayaaim@rambler.ru (Москва, Россия)

**ПАНОВА Ольга Александровна**, кандидат биологических наук, ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; ORCID ID: 0000-0001-9254-0167; Scopus ID: 57189098000; Researcher ID: I-6971-2018; panova@vniigis.ru (Москва, Россия)

**САФИУЛЛИН Ринат Туктарович**, доктор ветеринарных наук, профессор, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; ORCID ID: 0000-0003-0450-5527; SCOPUS ID: 7004260282; Researcher ID: N-2261-2018; safullin\_r.t@mail.ru (Москва, Россия)

**СЕРГИЕВ Владимир Петрович**, академик РАН, Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И. Марциновского Московского Государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова; SCOPUS ID: 7004845265, Researcher ID: U-5520-2017; v.sergiev@yandex.ru (Москва, Россия)

**СУЛЕЙМЕНОВ Маратбек Жаксыбекович**, доктор ветеринарных наук (РГП «Институт зоологии» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан; maratbeks@mail.ru (Алматы, Казахстан)

**ШЕСТЕПЕРОВ Александр Александрович**, доктор биологических наук, профессор, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; shestepеров@vniigis.ru (Москва, Россия)

**ЯТУСЕВИЧ Антон Иванович**, академик РАН, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»; ORCID ID: 0000-0003-2701-6419; vsavm@vsavm.by (Витебск, Республика Беларусь)

**BANKOV Ilia Y.**, профессор, Институт экспериментальной патологии и паразитологии Болгарской академии наук Scopus ID: 6602741010; office@cu.bas.bg (София, Болгария)

**CABAŁ Wladislaw Yan**, профессор, Институт паразитологии Польской академии наук; SCOPUS ID: 7003489179, ORCID ID: 0000-0002-4096-6462; cabajw@twarda.pan.pl (Варшава, Польша)

**DEMIASZKIEWICZ Aleksander W.**, доктор ветеринарных наук, профессор, Институт паразитологии им. В. Стефанского Польской академии наук; SCOPUS ID: 6603786558, ORCID ID: 0000-0002-2799-3773; aldem@twarda.pan.pl (Варшава, Польша)

**SANTIAGO Mas-Coma**, профессор, Департамент паразитологии, Университет Валенсия; ORCID ID: 0000-0002-1685-7004, SCOPUS ID: 7003404234, Researcher ID: L-8319-2014; S.Mas.Coma@uv.es (Валенсия, Испания)

**MOSER M.**, профессор, Центр по изучению паразитарных болезней Калифорнийского университета (Сан-Франциско, США)

**PANAYOTOVA-PENCHEVA Mariana Stancheva**, доктор биологических наук, Институт экспериментальной морфологии, патологии и антропологии с музеем (ИЕМПАМ) БАН; SCOPUS ID: 14834127000; marianasp@abv.bg (София, Болгария)

**PETKO Branislav**, профессор, Институт паразитологии Словацкой академии наук; ORCID ID: 0000-0001-5373-177X, SCOPUS ID: 13403121700; petko@saske.sk (Кошице, Словацкая Республика)

**ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ**

Все статьи журнала «Российский паразитологический журнал» находятся в открытом доступе – на сайте издания (<https://www.vniigis.ru>), в Научной электронной библиотеке (<https://elibrary.ru>) и прочих наукометрических ресурсах. Допускается свободное воспроизведение материалов журнала в личных целях и свободное использование в информационных, научных, учебных или культурных целях в соответствии со ст. 1273 и 1274 гл. 70 ч. IV Гражданского кодекса РФ. Иные виды использования возможны только после заключения соответствующих письменных соглашений с правообладателем.

Редакционная политика журнала базируется на современных юридических требованиях в отношении авторского права, законности и плагиата, поддерживает Кодекс этики научных публикаций и принципы работы редакторов и издателей, разработанные Международным Комитетом по публикационной этике (COPE)

Все статьи проверяются на плагиат. В случае обнаружения многочисленных заимствований редакция действует в соответствии с правилами COPE.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Российский паразитологический журнал», проходят обязательное анонимное («слепое») рецензирование (авторы рукописи не знают рецензентов и получают письмо с замечаниями за подписью главного редактора). При принятии решения о публикации единственным критерием является качество работы – оригинальность, важность и обоснованность результатов, ясность изложения. На основании анализа статьи принимается решение о рекомендации ее к публикации (без доработки или с доработкой), либо об отклонении. В случае несогласия автора статьи с замечаниями рецензентов его мотивированное заявление рассматривается редакционной коллегией.

Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о публикации принимается редакционной коллегией. В конфликтных ситуациях решение принимает главный редактор.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается на заседании редакционной коллегии в соответствии с рекомендациями рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

Статьи в журнале публикуются после получения положительных рецензий. В соответствии с политикой открытого доступа деятельность «Российского паразитологического журнала» финансируется за счет авторов, желающих опубликовать результаты научного исследования.

Статьи сотрудников ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН и аспирантов публикуются бесплатно. Сторонние авторы публикуются в журнале на платной основе. Оплата редакционно-издательских услуг производится только после того, как статья принята к публикации. За подачу статьи, её проверку и рецензирование плата не взимается.

**Общие правила публикации** (подробнее см. <https://www.vniigis.ru>):

Авторы гарантируют, что статья является оригинальным произведением, и они обладают исключительными авторскими правами на нее. Все Авторы обязаны раскрывать в своих рукописях финансовые или другие существующие конфликты интересов, которые могут быть восприняты как оказавшие влияние на результаты или выводы, представленные в работе.

При подаче статьи Авторы соглашаются с положениями предоставляемого редакцией Авторского договора.

Для публикации научной статьи Авторы должны надлежащим образом оформить и представить в электронном виде необходимые материалы: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Рукописи должны быть оформлены строго в соответствии с «Правилами оформления рукописи научной статьи», представленными на сайте журнала, тщательно структурированы, выверены и отредактированы Авторами.

**Структура статьи** (подробнее см. <https://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskij-zhurnal>):

1. Код УДК.
2. ФИО авторов и аффилиация (*на русском и английском языках*).
3. Название статьи – не более 10-ти слов (*на русском и английском языках*).
4. Аннотация – не менее 200–250 слов; должны быть четко обозначены следующие составные части (*на русском и английском языках*):
  - 1) Цель исследований (The purpose of the research);
  - 2) Материалы и методы (Materials and methods);
  - 3) Результаты и обсуждение (Results and discussion);
5. Ключевые слова – 5–10 слов (*на русском и английском языках*).
6. Благодарности / Признательность (*на русском и английском языках*).
7. Основной текст статьи – излагается в определенной последовательности с соответствующими подзаголовками (*на русском и английском языках*):
  - 1) "Введение" (Introduction) – 1–2 стр.;
  - 2) "Материалы и методы" (Materials and Methods) – 1–2 стр.;
  - 3) "Результаты и обсуждение" (Results and Discussion) – основной раздел, сопровождается иллюстрациями (таблицами, графиками, рисунками) или "Результаты исследований" и "Обсуждение";
  - 4) "Заключение" (Conclusion).
8. Список источников – для оригинальной научной статьи не менее 15–25 источников, для научного обзора не менее 50–80 источников (*на русском и английском языках*).
9. Вклад соавторов (*на русском и английском языках*).

**Более подробная информация о журнале для авторов и читателей:**

<https://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskij-zhurnal>

ISSN 1998-8435 (Print)

ISSN 2541-7843 (Online)

**RUSSIAN JOURNAL OF PARASITOLOGY**

International Journal of Fundamental and Applied Parasitology

“**Russian Journal of Parasitology**” is intended for scientific researchers in the field of medical, veterinary and phytoparasitology from various countries of the world: Russia, Countries of the Union of Independent States, the Near and Far Abroad.

The Journal is an international scientific and practical publication on fundamental and applied questions of parasitology and the only Russian edition on veterinary parasitology and phytohelminthology.

The journal is included in the list of peer-reviewed journals established by the Highest Certification Commission (HCC) of Russian Federation [Vysshaya attestatsionnaya komissiya (VAK) Rossijskoj Federacii] and included in the 1st category of publications.

All articles of the journal are publicly available – on the websites of the journal and the **Scientific Electronic Library** (<https://elibrary.ru>). The journal is included in the **Russian Science Citation Index** (RSCI; see [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp)).

The Journal is present and indexed in Russian and International science-based databases and specialized resources.

All materials of the journal “**Russian Journal of Parasitology**” are published by using the license **Creative Commons Attribution 4.0 License**, allowing loading and distributing works on the assumption of indicating the authorship. The works may not be changed in any way or used for commercial interests.

The authors of the materials published in the journal have every right to distribute them without restrictions, but with reference to the journal.

<https://www.vniigis.ru>

**Russian Journal of Parasitology**

Published since 2007

Registration Certificate ПИ № ФС77-26864 of October 12, 2007  
by the Ministry of Press, Broadcasting  
and Mass Communications of the Russian Federation

Re-Registration Certificate ПИ № ФС77-74051 of October 19, 2018  
by the Ministry of Press, Broadcasting  
and Mass Communications of the Russian Federation

Goes out trimestral

Subscription index in catalogue "Russian Post" ПН282

The journal is recommended by VAK (the Higher Attestation Commission) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to publish scientific works encompassing the basic matters of theses for advanced academic degrees

Included in the Russian Science Citation Index (RSCI)

**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”**

Acting Director of Institute: Mikhail V. Arisov

Deputy Director for Science: Ivan A. Arkhipov

Published: September 28, 2023

Scientific electronic library: <https://www.elibrary.ru>

Online: <https://www.vniigis.ru>

Sheet size 70x108 1/16. Conventional printed sheets 10.68.

Order No. 2-001-3/2023. Free price.

All accidental grammar and/or spelling errors are our own.

© 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”, 2023

**EDITORIAL BOARD****Editor-in-chief**

**Ivan A. ARKHIPOV**, doctor of veterinary sciences, professor, VNIIP – FSC VIEV, Scopus ID: 12783579100, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706 [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru) (Moscow, Russian Federation)

**Deputy editor-in-chief**

**Mikhail V. ARISOV**, doctor of veterinary sciences, prof. RAS, VNIIP – FSC VIEV, [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru) (Moscow, Russian Federation)

**Alexander V. USPENSKY**, doctor of veterinary sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences (RAS), VNIIP – FSC VIEV, [a.v.uspensky@mail.ru](mailto:a.v.uspensky@mail.ru) (Moscow, Russian Federation)

**Science editor**

**Dina R. ARKHIPOVA**, PhD in biological sciences, VNIIP – FSC VIEV, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru) (Moscow, Russian Federation)

**Executive Secretary**

**Anastasiya I. VARLAMOVA**, doctor of biological sciences, [secretar@vniigis.ru](mailto:secretar@vniigis.ru) (Moscow, Russian Federation)

**Translator**

**Angelina S. YARTSEVA**  
[bplogistika@mail.ru](mailto:bplogistika@mail.ru) (Moscow, Russian Federation)

## EDITORIAL STAFF

**Fedor I. VASILEVICH**, academician RAS, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin; ORCID ID:0000-0003-0786-5317; SCOPUS ID: 57190309524; Researcher ID: K-9491-2015; rector@mgavm.ru (Moscow, Russian Federation)

**Svetlana V. ZINOVIEVA**, doctor of biological sciences, Center for Parasitology of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the RAS; ORCID ID: 0000-0002-0969-4569; SCOPUS ID: 6701599663; Researcher ID: Q-1756-2015; zinovievas@mail.ru (Moscow, Russian Federation)

**Karine G. KUROCHKINA**, doctor of veterinary sciences, VNIIP – FSC VIEV; vog@vniigis.ru (Moscow, Russian Federation)

**Natalia S. MALYSHEVA**, doctor of biological sciences, professor, Kursk State University; SCOPUS ID: 7004568180; malisheva64@mail.ru (Kursk, Russian Federation)

**Sergey O. MOVSESSYAN**, academician of the National Academy of Sciences of Armenia Republic, corresponding member of the RAS, Center for Parasitology of the A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the RAS; SCOPUS ID: 6506375449; movsesyan@list.ru (Moscow, Russian Federation)

**Lyubov V. NACHEVA**, doctor of biological sciences, professor, Kemerovo State Medical University; SCOPUS ID: 6506186615; nacheva.48@mail.ru (Kemerovo, Russian Federation)

**Tamara S. NOVIK**, doctor of biological sciences, professor, VNIIP – FSC VIEV; ORCID ID: 0000-0001-9317-2052; Scopus ID: 6601960888; Researcher ID: U-6372-2018; novik.tamara@mail.ru (Moscow, Russian Federation)

**Irina M. ODOEVSKAYA**, PhD in Biological Sciences, VNIIP – FSC VIEV; ORCID ID: 0000-0002-3644-5592; Scopus ID: 24470255200; Researcher ID: B-1947-2017; odoevskayaim@rambler.ru (Moscow, Russian Federation)

**Olga A. PANOVA**, PhD in Biological Sciences, VNIIP – FSC VIEV; ORCID ID: 0000-0001-9254-0167; Scopus Author ID: 57189098000; Researcher ID: I-6971-2018; panova@vniigis.ru (Moscow, Russian Federation)

**Rinat T. SAFIULLIN**, doctor of veterinary sciences, professor, VNIIP – FSC VIEV; ORCID ID: 0000-0003-0450-5527; SCOPUS ID: 7004260282; Researcher ID: N-2261-2018; safiullin\_r.t@mail.ru (Moscow, Russian Federation)

**Vladimir P. SERGIEV**, academician of the RAS, E.I. Martynovskiy Institute of Medical Parasitology and Tropical Medicine at I. M. Sechenov Moscow Medical Academy; SCOPUS ID: 7004845265, Researcher ID: U-5520-2017; v.sergievs@yandex.ru (Moscow, Russian Federation)

**Maratbek Zh. SULEYMENOV**, doctor of veterinary sciences, RSE "Institute of Zoology" of the science Committee of the Ministry of education and science of the Republic of Kazakhstan; maratbeks@mail.ru (Almaty, Kazakhstan)

**Aleksandr A. SHESTEPEROV**, doctor of biological sciences, professor, VNIIP – FSC VIEV; shesteperov@vniigis.ru (Moscow, Russian Federation)

**Anton I. YATUSEVICH**, academician RAS, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine; ORCID ID: 0000-0003-2701-6419; vsavm@vsavm.by (Vitebsk, Republic of Belarus)

**Iliia BANKOV**, professor, Institute of Experimental Morphology and Anthropology with Muzeum; Scopus ID: 6602741010; office@cu.bas.bg (Sofia, Bulgaria)

**Wladislaw CABAI**, professor, Institute of Parasitology of the Polish Academy of Sciences; SCOPUS ID: 7003489179, ORCID ID: 0000-0002-4096-6462; cabajw@twarda.pan.pl (Warsaw, Poland)

**Aleksander W. DEMIASZKIEWICZ**, professor, Stefański Institute of Parasitology, Polish Academy of Sciences; SCOPUS ID: 6603786558, ORCID ID: 0000-0002-2799-3773; aldem@twarda.pan.pl (Warsaw, Poland)

**Mas-Coma SANTIAGO**, professor, Human Parasitology Unit, Departamento de Parasitologia, Facultad de Farmacia, Universidad de Valencia; ORCID ID: 0000-0002-1685-7004, SCOPUS ID: 7003404234, Researcher ID: L-8319-2014; S.Mas.Coma@uv.es (Valencia, Spain)

**M. MOSER**, professor, Center for Basic Research in Parasitic Diseases, University San-Francisco (California, USA)

**Mariana S. PANAYOTOVA-PENCHEVA**, doctor of biological sciences, Institute of Experimental Morphology and Anthropology with Muzeum; SCOPUS ID: 14834127000; marianasp@abv.bg (Sofia, Bulgaria)

**Branislav PETKO**, professor, Parasitological Institute of Slovak Academy of Sciences; ORCID ID: 0000-0001-5373-177X, SCOPUS ID: 13403121700; petko@saske.sk (Kosice, Slovakia)

**INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS OF THE JOURNAL**

The journal "Russian Journal of Parasitology" = "Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal"

All articles of the journal are publicly available – on the websites of the journal and the Scientific Electronic Library (<https://elibrary.ru>). A free reproduction of material of the journal for personal use and a free using of material of the journal for information, research, educational or cultural purposes are permitted in accordance with Art. 1273–1274 of Ch. 70 of Part IV of the Civil Code of the Russian Federation. Other variants of using are only possible after the signing of appropriate agreements with the copyright holders (the management of the journal and the authors of the articles of the journal).

All articles are checked for plagiarism. If plagiarism is identified, the COPE guidelines on plagiarism will be followed.

All scientific articles received in the journal go through obligatory anonymous ("blind") reviewing (the authors of the articles do not know the reviewers and receive a letter with comments signed by the editor in chief). When making the decision to publish, the only criterion is the quality of the work - originality, importance and validity of the results, clarity of presentation. Based on the analysis of the article, a decision is made to recommend it for publication (without further development or with revision) or for rejection. In case of disagreement of the author of the article with comments of reviewers, his motivated statement is considered by the editorial board.

The presence of positive review is not a sufficient basis for the publication of the article. The final decision to publish is taken by the editorial board. In conflict situations, the decision is made by the editor-in-chief.

The decision to refuse publication of the manuscript is taken at a meeting of the editorial board in accordance with the recommendations of reviewers. An article not recommended by a decision of the editorial board is not accepted for reconsideration. The message about refusal of publication is sent to the author by e-mail.

Articles in the journal are published after receiving positive reviews. Pursuant to the open access policy, activities carried out by the "Russian Journal of Parasitology" are funded by authors who wish to publish results of their scientific research.

Articles by the FSC VIEV's employees and postgraduate students are published free of charge. Independent authors' studies are published in the Journal on a fee basis.

Such editorial-and-publishing services shall only be paid after an Article is accepted for publication. No fee shall be charged for the Article submission, verification or reviewing.

**General Publishing Rules** (<https://www.vniigis.ru>):

To publish a scientific article, the author(s) should submit a manuscript and other needed documents in exact accordance with the following requirements. The Editorial Board reserves the right to reject works that do not conform to the journal's publishing rules.

The authors shall guarantee that the submitted manuscript is the original work and all copyrights on it belong to him / her. The author transfers the rights on using the manuscript the publisher. All authors should disclose in their manuscript any financial or other substantive conflict of interest that might be construed to influence the results or interpretation of their manuscript. All sources of financial support for the project should be disclosed

The author agrees to the terms of the enclosed Authors Agreement by submission of the article.

The Editorial Board does request authors of manuscripts submit them only after carefully editing. All authors' ideas should be clearly and consistently structured.

**The structure of article** (подробнее см. <https://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskii-zhurnal>):

1. A code of UDC.
2. A full name of author, ORCID, ResearcherID, Scopus ID; academic degrees and titles; a place of work(s) / study with indication of the position(s) / course and specialization(s); an address and a telephone of organization.
3. A heading of the article.
4. An abstract (not less than 250 words); it should be correctly structured and include the following sections:
  - 1) The purpose of the research;
  - 2) Materials and methods;
  - 3) Results and discussion;
5. Keywords (up to 10 words).
6. Acknowledgements.
7. A text of article: it must contain sections with such headings as:
  - 1) "Introduction";
  - 2) "Materials and Methods";
  - 3) "Results and Discussion" or "Results" and "Discussion";
  - 4) "Conclusion".
8. A list of references. We recommend using of not less than 15–25 sources in an original research article, and not less than 50–80 in scientific review.

**Detailed information about the journal for authors and readers:**

<https://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskii-zhurnal>

ISSN 1998-8435 (Print)

ISSN 2541-7843 (Online)



# СОДЕРЖАНИЕ

## ФАУНА, МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ПАРАЗИТОВ

- Пименов И. А., Кузнецов Д. Н., Одоевская И. М., Афанасьев А. Д., Варламова А. И.  
**Фауна нематод пищеварительного тракта коз в Московской области** ..... 311
- Стариков В. П., Егоров С. В., Вершинин Е. А., Берников К. А.  
**Блохи (*Siphonaptera*) мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири** ..... 319

## ЭПИЗООТОЛОГИЯ, ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ПАРАЗИТАРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

- Акопян А. Р., Щербаков О. В., Григорян В. В., Ерибемян С. В., Мовсисян М. А., Григорян Л. Г.  
**Смешанная инвазия кур в Котайкской области Республики Армения** ..... 331
- Воронина Е. А., Дьякова С. А., Попова О. В., Попова Э. В.  
**Комплексная оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях Волги** ..... 340
- Марченко В. А., Рар В. А., Бирюков И. В.  
**Иксодовые инвазии лошадей, сезонная динамика и зараженность пастбищных клещей пироплазмидами в Горном Алтае** ..... 352

## БИОХИМИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И ДИАГНОСТИКА

- Панова О. А., Курносова О. П., Хрусталева А. В., Арисов М. В.  
**Методы копрологической диагностики паразитозов животных** ..... 365
- Рустамова С. И., Сизов А. А.  
**Эффективность сэндвич варианта иммуноферментной реакции для диагностики ларвального эхинококкоза у крупного рогатого скота в Азербайджанской Республике** ..... 378

## ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ

- Архипов И. А., Арисов М. В., Халиков С. С., Кочетков П. П.  
**Биотрансформация фенбендазола в организме овец после введения твердой дисперсии фенбендазола, полученной по механохимической технологии с арабиногалактаном** ..... 386

## ЛЕЧЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА

- Архипов И. А., Варламова А. И., Садов К. М.  
**Изучение эффективности твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта овец в Самарской области** ..... 400

Мусаев М. Б., Халиков М. С., Джамалова А. З., Ильин М. М., Халиков С. С. Твердодисперсные комплексные препараты триклабендазола с янтарной кислотой и их фасциолюцидная активность .....	406
--	-----

## ПАРАЗИТЫ РАСТЕНИЙ

Шестеперов А. А., Володин А. И. Оценка сортов картофеля зарубежной селекции на устойчивость к клубневой нематоды <i>Ditylenchus destructor</i> .....	413
--	-----

# CONTENTS

## FAUNA, MORPHOLOGY AND SYSTEMATICS OF PARASITES

Pimenov I. A., Kuznetsov D. N., Odoevskaya I. M., Afanasyev A. D., Varlamova A. I. The nematode fauna of the digestive tract of goats in the Moscow region .....	311
Starikov V. P., Egorov S. V., Vershinin E. A., Bernikov K. A. Fleas (Siphonaptera) of small mammals in the northern taiga of Western Siberia .....	319

## EPIZOOTOLOGY, EPIDEMIOLOGY AND MONITORING OF PARASITIC DISEASES

Hakobyan A. R., Shcherbakov O. V., Grigoryan V. V., Yeribekyan S. V., Movsisyan M. A., Grigoryan L. H. Chicken mixed infection in Kotayk region of the Republic of Armenia .....	331
Voronina E. A., Dyakova S. A., Popova O. V., Popova E. S. Comprehensive assessment of the state of the black-backed sea shad ( <i>Alosa kessleri</i> , Grimm, 1887) in the Lower Volga .....	340
Marchenko V. A., Rar V. A., Biryukov I. V. Ixodid tick infections of horses, and seasonal dynamics and infection of pasture ticks with piroplasmids in Gorny Altai .....	352

## BIOCHEMISTRY, BIOTECHNOLOGY AND DIAGNOSTICS

Panova O. A., Kurnosova O. P., Khrustalev A. V., Arisov M. V. Methods of coprological diagnostics of animal parasitosis .....	365
--	-----

Rustamova S. I., Sizov A. A.

**Efficiency of sandwich enzyme immunoassay for the diagnosis of larval echinococcus infection in cattle in the Republic of Azerbaijan .....**

**378**

#### PHARMACOLOGY, TOXICOLOGY

Arkhipov I. A., Arisov M. V., Khalikov S. S., Kochetkov P. P.

**Biotransformation of fenbendazole in sheep after administration of fenbendazole solid dispersion prepared by mechanochemical technology with arabinogalactan .....**

**386**

#### TREATMENT AND PREVENTION

Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Sadov K. M.

**Evaluation of the efficacy of solid dispersion of fenbendazole against different stages of gastrointestinal nematodes of sheep in Samara region .....**

**400**

Musaev M. B., Khalikov M. S., Dzamalova A. Z., Ilyin M. M., Khalikov S. S.

**Solid dispersion complex triclabendazole preparations with succinic acid and their fasciolocidal activity .....**

**406**

#### PARASITES OF PLANTS

Shesteporov A. A., Volodin A. I.

**Evaluation of foreign potato varieties for resistance to the potato tuber nematode *Ditylenchus destructor* .....**

**413**

Научная статья

УДК 619:616.995.1

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-311-318>

## Фауна нематод пищеварительного тракта коз в Московской области

Илья Александрович Пименов<sup>1</sup>, Дмитрий Николаевич Кузнецов<sup>2</sup>,  
Ирина Михайловна Одоевская<sup>3</sup>, Алексей Дмитриевич Афанасьев<sup>4</sup>,  
Анастасия Ивановна Варламова<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>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 ВИАВ РАН), Москва, Россия

<sup>1</sup>mr.pimenov123@yandex.ru

<sup>2</sup>dkuznetsov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8749-2543>

<sup>3</sup>odoevskayaim@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3644-5592>

<sup>4</sup>a.afanasyev@avgust.com

<sup>5</sup>arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

### Аннотация

**Цель исследований** – изучить фауну нематод пищеварительного тракта коз на территории Московской области.

**Материалы и методы.** Исследования проводили с декабря 2022 г. по апрель 2023 г. Материалом для исследований служило содержимое пищеварительных трактов 10 коз из небольших фермерских хозяйств с территории Московской области, которое собирали и фиксировали по методу К. И. Скрябина (1928). Обнаруженных нематод идентифицировали до вида по определителю В. М. Ивашкина и др. (1989). Проведено исследование проб фекалий, родовую принадлежность инвазионных личинок определяли по методу П. А. Полякова (1953).

**Результаты и обсуждение.** По результатам гельминтологических вскрытий коз было обнаружено три вида нематод: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* и *Teladorsagia circumcincta*. Наибольшие показатели экстенсивности инвазии отмечены для *H. contortus*, а наибольшие показатели интенсивности инвазии – для *T. colubriformis*. Нематода *T. circumcincta* обнаружена только у одной из 10 исследованных коз, в количестве 13 экз. При исследовании фекалий в одном из семи исследованных фермерских хозяйств были обнаружены нематоды, отнесенные по особенностям морфологии личинок к родам *Trichostrongylus*, *Oesophagostomum* и *Chabertia*. Личинки первых двух родов были обнаружены в больших количествах, а личинки хабертий – в единичных экземплярах. Низкое видовое разнообразие, отмеченное в рамках данного исследования, может быть связано с наличием штаммов нематод, устойчивых к антигельминтикам.

**Ключевые слова:** фауна, нематоды пищеварительного тракта, козы, резистентность, антигельминтики, Московская область

**Благодарность.** Работа выполнена в рамках программы гранта Российского научного фонда № 23-26-00220.

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

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Для цитирования:** Пименов И. А., Кузнецов Д. Н., Одоевская И. М., Афанасьев А. Д., Варламова А. И. Фауна нематод пищеварительного тракта коз в Московской области // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 311–318.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-311-318>

© Пименов И. А., Кузнецов Д. Н., Одоевская И. М., Афанасьев А. Д., Варламова А. И., 2023



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

Original article

# The nematode fauna of the digestive tract of goats in the Moscow region

Ilya A. Pimenov<sup>1</sup>, Dmitry N. Kuznetsov<sup>2</sup>, Irina M. Odoevskaya<sup>3</sup>,  
Alexey D. Afanasyev<sup>4</sup>, Anastasiya I. Varlamova<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>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", Moscow, Russia

<sup>1</sup>mr.pimenov123@yandex.ru

<sup>2</sup>dkuznetsov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8749-2543>

<sup>3</sup>odoevskayaim@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3644-5592>

<sup>4</sup>a.afanasyev@avgust.com

<sup>5</sup>arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

## Abstract

**The purpose of the research** is to study the fauna of gastrointestinal nematodes of goats in the Moscow region.

**Materials and methods.** The studies were carried out from December 2022 to April 2023. The object for the studies was the contents of the digestive tracts of 10 goats from small farms in the Moscow region, which were collected and fixed according to the method of K. I. Skryabin (1928). The species of detected nematodes were identified according to V. M. Ivashkin et al. (1989). A study of fecal samples was carried out, the genus of infective larvae was determined by the method of P. A. Polyakov (1953).

**Results and discussion.** Three species of nematodes were detected: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* and *Teladorsagia circumcincta* according to the results of helminthological necropsies of goats. The highest rate of infection was noted for *H. contortus* and the highest intensity of infection was noted for *T. colubriformis*. The nematode *T. circumcincta* was found only in one of 10 studied goats, in the amount of 13 worms. The larvae of *Trichostrongylus*, *Oesophagostomum* and *Chabertia* genera were identified according to their morphology in the examined feces samples in one of the seven farms. Many larvae of the first two genera were found, and *Chabertia* larvae were single. The low species diversity noted in this study may be due to the presence of anthelmintic-resistant nematode strains.

**Keywords:** fauna, gastrointestinal nematodes, goats, Moscow region, anthelmintic resistance

**Acknowledgments.** The study was carried out within the framework of the Russian Science Foundation grant № 23-26-00220.

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Pimenov I. A., Kuznetsov D. N., Odoevskaya I. M., Afanasyev A. D., Varlamova A. I. The nematode fauna of the digestive tract of goats in the Moscow region. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17(3): 311–318. (In Eng.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-311-318>

© Pimenov I. A., Kuznetsov D. N., Odoevskaya I. M., Afanasyev A. D., Varlamova A. I., 2023

## Введение

В последние годы, в силу ряда причин, существенно вырос интерес к козоводству. Паразитарные болезни способны оказывать выраженное негативное влияние на организм коз, приводя к снижению продуктивности. Нематоды пищеварительного тракта являются одними из наиболее распространенных па-

разитов домашних жвачных. В связи с этим, получение данных о видовом составе нематод, паразитирующих в пищеварительном тракте у коз, представляет большой интерес. Кроме того, актуальной задачей является оценка показателей зараженности коз нематодами с точки зрения эффективности применения антигельминтных препаратов.

На территории Московской области у коз в условиях частных ферм ранее был выявлен высокий уровень зараженности нематодами пищеварительного тракта [2, 9, 12]. Похожие результаты были получены и при исследовании коз в областях, соседних с Московской. Так, в Калужской области был отмечен довольно высокий уровень заражения нематодами рода *Trichostrongylus* [1]. Широкое распространение трихостронгилидозов коз отмечено в Рязанской области [8]. При исследованиях крупного и мелкого рогатого скота на территории шести городских округов Московской области было установлено, что 94,60% исследованных коз инвазированы, что оказалось наивысшим показателем зараженности в сравнении с 93,15% у овец и 14,15% у крупного рогатого скота, причем доминирующими паразитами оказались кишечные стронгиляты [4]. Авторы отмечают, что практически во всех исследованных хозяйствах проводилась дегельминтизация – таким образом, полученные результаты могут свидетельствовать о наличии резистентных к антигельминтикам популяций нематод [4].

Однако все вышеупомянутые данные были получены лишь на основе прижизненных исследований, что не позволило определить виды нематод, паразитировавшие у коз. В задачу нашего исследования входило дополнение имеющейся информации о паразитофауне коз в Московской области и оценка полученных результатов с учетом широкого распространения штаммов нематод, устойчивых к антигельминтикам.

### Материалы и методы

Исследования проводили с декабря 2022 г. по апрель 2023 г. на базе лаборатории иммунологии и молекулярных исследований Все-

российского НИИ фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиала ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. Материалом для исследований служило содержимое пищеварительных трактов коз из небольших фермерских хозяйств с территории Московской области. Содержимое пищеварительных трактов собирали и фиксировали по методу К. И. Скрябина с дополнениями [6, 11]. Было исследовано 10 коз. Обнаруженных нематод идентифицировали до вида по определителю В. М. Ивашкина и др. [3]. Также было проведено исследование фекалий, отобранных групповым методом в семи фермерских хозяйствах, из загонов, в которых содержалось по 10–15 коз. Фекалии исследовали методом Фюллеборна [5]. Пробы, в которых содержалось более 10 яиц стронгилят в поле зрения, в дальнейшем использовали для вылупления личинок в устройстве типа «звездочка», предназначенном для сбора личинок и мелких нематод [7]. Таксономическую принадлежность обнаруженных инвазионных личинок определяли по особенностям их морфологии на основе данных П. А. Полякова (1953) [10].

### Результаты и обсуждение

При гельминтологических вскрытиях 10 коз у пяти исследованных животных были обнаружены нематоды трех видов: *Haemonchus contortus* (Rudolphi, 1803), *Trichostrongylus colubriformis* (Giles, 1892) и *Teladorsagia circumcincta* (Stadelman, 1894) (табл., рис. 1–3). По показателям экстенсивности инвазии (ЭИ) преобладали *H. contortus*, обнаруженные у пяти коз. По показателям интенсивности инвазии (ИИ) преобладали *T. colubriformis*, обнаруженные в количестве от 100 до 797 экз. *T. circumcincta* обнаружены лишь у одной из 10 исследованных коз, в количестве 13 экз.

Таблица [Table]

Видовой состав нематод и показатели зараженности коз по данным гельминтологических вскрытий (n = 10)

[Species composition of nematodes and infection rates of goats according to helminthological necropsies (n = 10)]

Вид нематод [Nematode species]	Заражено [Infected]		ИИ, min – max (экз./гол.) [Intensity of infection, min – max (ex./head)]
	коз [goats]	ЭИ, % [the rate of infection, %]	
<i>Haemonchus contortus</i>	5	50	4–64
<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	4	40	100–797
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	1	10	13



Рис. 1. Хвостовой конец самца нематоды *Haemonchus contortus*  
[Fig. 1. Posterior end of male nematode *Haemonchus contortus*]



Рис. 3. Хвостовой конец самца нематоды *Teladorsagia circumcincta*  
[Fig. 3. Posterior end of male nematode *Teladorsagia circumcincta*]



Рис. 2. Хвостовой конец самца нематоды *Trichostrongylus colubriformis*  
[Fig. 2. Posterior end of male nematode *Trichostrongylus colubriformis*]

При исследовании фекалий нематоды были обнаружены в одном из семи обследованных фермерских хозяйств. При использовании устройства для сбора личинок и мелких нематод были обнаружены личинки, отнесенные к родам *Trichostrongylus*, *Oesophagostomum* и *Chabertia*. Личинки первых двух родов найдены в больших количествах, личинки хабертий – в единичных экземплярах.

Зарегистрированное в рамках нашего исследования низкое видовое разнообразие паразитических нематод, предположительно, связано с применением антигельминтных препаратов и наличием в обследованных хозяйствах резистентных к воздействию антигельминтиков штаммов *H. contortus*, *T. colubriformis* и *T. circumcincta*. Наличие резистентных штаммов перечисленных видов нематод неоднократно было отмечено как в России, так и в других странах [13–17].

### Заключение

Проведены гельминтологические вскрытия и исследования фекалий коз в несколь-

ких фермерских хозяйствах Московской области. По результатам гельминтологических вскрытий обнаружены три вида нематод: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* и *Teladorsagia circumcincta*. Наибольшие показатели экстенсивности инвазии отмечены для *H. contortus*, наибольшие показатели интенсивности инвазии – для *T. colubriformis*. Нематода *T. circumcincta* обнаружена только у одной из 10 исследованных коз в количестве 13 экз.

При исследовании фекалий в одном из семи исследованных фермерских хозяйств были обнаружены нематоды, отнесенные по особенностям морфологии личинок к родам *Trichostrongylus*, *Oesophagostomum* и *Chabertia*. Личинки первых двух родов были обнаружены в больших количествах, личинки хабертий – в единичных экземплярах.

Низкое видовое разнообразие может быть связано с наличием штаммов нематод, устойчивых к антигельминтикам.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Василевич Ф. И., Цепилова И. И., Горчакова В. И. Распространение эндопаразитов у мелкого рогатого скота в условиях частных ферм // Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 2. С. 29–31. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-29-31>
2. Василевич Ф. И., Николаева Е. А., Цепилова И. И. Эндопаразитофауна мелкого рогатого скота некоторых районов Московской области // Сб. науч. ст. по матер. докл. научн. конф. «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». 2023. Вып. 24. С. 128–132. <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.128-132>
3. Ивашкин В. М., Орипов А. О., Сонин М. Д. Определитель гельминтов мелкого рогатого скота. М.: Наука, 1989. 255 с.
4. Кириллова О. Д., Цепилова И. И. Влияние антигельминтиков широкого спектра действия на формирование эндопаразитофауны желудочно-кишечного тракта жвачных животных Московской области // «Неделя студенческой науки»: материалы Всероссийской научно-практической конференции. М., 2023. С. 138–140.
5. Котельников Г. А. Гельминтологические исследования животных и окружающей среды. М.: Колос, 1984. 208 с.
6. Кузнецов Д. Н. Методические рекомендации по сбору и фиксации нематод пищеварительного тракта жвачных // Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 2. С. 120–124. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-120-124>
7. Никитин В. Ф., Павласек И. Авт. свидетельство № 1391625. Устройство для сбора личинок и мелких нематод из фекалий. 30.04.1988. Бюл. 16.
8. Новак М. Д., Соколова В. М., Макишакова Е. Б. Распространение, лечение и профилактика смешанных форм инвазий овец и коз в Центральном районе Российской Федерации // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2013. № 3 (19). С. 36–42.
9. Панова Д. С., Кузнецов К. С., Панова О. А., Хрусталева А. В. Паразитарные болезни овец и коз на территории Московской области // «От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сборник статей научно-практической конференции. 2022. С. 120–123.
10. Поляков П. А. Прижизненная дифференциальная диагностика стронгилятозов пищеварительного тракта жвачных по инвазионным личинкам: дис. ... канд. вет. наук: 03.02.11 / М.: 1953. 208 с.
11. Скрябин К. И. Метод полного гельминтологического вскрытия животных и человека. М.: МГУ, 1928. 18 с.
12. Цепилова И. И., Шемякова С. А., Николаева Е. А. Фауна эндопаразитов коз в условиях частных ферм Московской области // «Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения»: сборник трудов научно-практической конференции. М., 2022. С. 243–245.
13. Четвертнов В. И. Устойчивость стронгилят желудочно-кишечного тракта овец к ивермектину // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 3 (15). С. 112–118. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/014.3.15.2022>
14. Almeida F., Garcia K., Torgerson P., Amaranthe A. Multiple resistance to anthelmintics by *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in sheep in Brazil. *Parasitology international*. 2010; 59 (4): 622–625. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2010.09.006>
15. Kalule F., Vudriko P., Nanteza A., Ekiri A. B., Alafiatayo R., Betts J., Betson M., Mijten E.,



- Varga G., Cook A. Prevalence of gastrointestinal parasites and molecular identification of beta-tubulin mutations associated with benzimidazole resistance in *Haemonchus contortus* in goats from selected districts of Uganda. *Veterinary parasitology: regional studies and reports*. 2023; 42: 100889. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100889>.
16. Keegan J., Good B., Waal T., Fanning J., Keane O. Genetic basis of benzimidazole resistance in *Teladorsagia circumcincta* in Ireland. *Irish Veterinary Journal*. 2017; 70 (8). <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0087-8>.
17. Santos J., Vasconcelos J., Frota G., Freitas E., Teixeira M., Vieira L., Bevilaqua C., Monteiro J. Quantitative molecular diagnosis of levamisole resistance in populations of *Haemonchus contortus*. *Experimental Parasitology*. 2019; 205: 107734. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107734>.

Статья поступила в редакцию 10.08.2023; принята к публикации 20.08.2023

Об авторах:

**Пименов Илья Александрович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218 Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, аспирант, [mr.pimenov123@yandex.ru](mailto:mr.pimenov123@yandex.ru)

**Кузнецов Дмитрий Николаевич**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218 Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-8749-2543, [dkuznetsov@mail.ru](mailto:dkuznetsov@mail.ru)

**Одоевская Ирина Михайловна**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218 Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-3644-5592, [odoevskayaim@rambler.ru](mailto:odoevskayaim@rambler.ru)

**Афанасьев Алексей Дмитриевич**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218 Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, аспирант, [a.afanasyev@avgust.com](mailto:a.afanasyev@avgust.com)

**Варламова Анастасия Ивановна**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218 Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, [arsphoeb@mail.ru](mailto:arsphoeb@mail.ru)

Вклад соавторов:

**Пименов Илья Александрович** – гельминтологическое вскрытие, сбор гельминтов, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

**Кузнецов Дмитрий Николаевич** – определение видов нематод, анализ полученных результатов, подготовка статьи.

**Одоевская Ирина Михайловна** – научное руководство, сбор гельминтов, критический анализ и интерпретация полученных данных, ресурсное обеспечение исследования, подготовка статьи.

**Афанасьев Алексей Дмитриевич** – гельминтологическое вскрытие, сбор гельминтов, анализ и интерпретация полученных данных.

**Варламова Анастасия Ивановна** – сбор гельминтов, анализ полученных результатов, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

- Vasilevich F. I., Tsepilova I. I., Gorchakova V. I. Spread of Endoparasites of Small Cattle in Conditions of Private Farms. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (2): 29–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-29-31>
- Vasilevich F. I., Nikolaeva E. A., Tsepilova I. I. Endoparasite fauna of small cattle in some areas of the Moscow region. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: sbornik nauchnykh statey po materialam nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of combating parasitic diseases": collection of scientific articles based on materials of a scientific conference*. 2023; 24: 128–132. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.128-132>
- Ivashkin V. M., Oripov A. O., Sonin M. D. Key to helminths of small cattle. M.: Nauka, 1989; 255. (In Russ.)

4. Kirillova O. D., Tsepilova I. I. Influence of broad-spectrum anthelmintics on the formation of the endoparasite fauna of the gastrointestinal tract of ruminants in the Moscow region. «*Nedelya studencheskoy nauki*»: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = "Week of student science": materials of the All-Russian scientific and practical conference. Moscow, 2023; 138–140. (In Russ.)
5. Kotelnikov G. A. Helminthological studies of animals and the environment. M.: Kolos, 1984; 208. (In Russ.)
6. Kuznetsov D. N. Methodical Recommendations for Sampling and Preserving of Gastrointestinal Nematodes of Ruminants. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (2): 120–124. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-120-124>
7. Nikitin V. F., Pavlasek I. Avt. certificate No. 1391625. Device for collecting larvae and small nematodes from faeces. 04/30/1988. Bull. 16. (In Russ.)
8. Novak M. D., Sokolova V. M., Makshakova E. B. Distribution, treatment and prevention of mixed forms of sheep and goat invasions in the Central region of the Russian Federation. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva = Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. 2013; 3 (19): 36–42. (In Russ.)
9. Panova D. S., Kuznetsov K. S., Panova O. A., Khrustalev A. V. Parasitic diseases of sheep and goats on the territory of the Moscow region. «Ot modernizatsii k operezhayushchemu razvitiyu: obespecheniye konkurentosposobnosti i nauchnogo liderstva APK. Aktual'nyye problemy veterinarnoy meditsiny: sbornik statey nauchno-prakticheskoy konferentsii = "From modernization to advanced development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agro-industrial complex. Actual problems of veterinary medicine: collection of articles of the scientific-practical conference. 2022; 120–123. (In Russ.)
10. Polyakov P. A. Intravital differential diagnosis of strongylatoses of the digestive tract of ruminants by invasive larvae: dis. ... cand. vet. sciences: 03.02.11 / M.: 1953; 208. (In Russ.)
11. Skryabin K. I. Method of complete helminthological dissection of animals and humans. M.: MGU, 1928; 18. (In Russ.)
12. Tsepilova I. I., Shemyakova S. A., Nikolaeva E. A. Fauna of goat endoparasites in the conditions of private farms in the Moscow region. «Aktual'nyye problemy veterinarnoy meditsiny, zootehnii, biotekhnologii i ekspertizy syr'ya i produktov zhitovnogo proiskhozhdeniya»: sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii = "Actual problems of veterinary medicine, zootechnics, biotechnology and examination of raw materials and products of animal origin": collection of works scientific and practical conference. M., 2022; 243–245. (In Russ.)
13. Chetvertnov V. I. Resistance of the strongylate of the gastrointestinal tract of sheep to ivermectin. *Agricultural Journal*. 2022; 3 (15): 112–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.25930/2687-1254/014.3.15.2022>
14. Almeida F., Garcia K., Torgerson P., Amarante A. Multiple resistance to anthelmintics by *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in sheep in Brazil. *Parasitology international*. 2010; 59 (4): 622–625. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2010.09.006>
15. Kalule F., Vudriko P., Nanteza A., Ekiri A. B., Alafiatayo R., Betts J., Betson M., Mijten E., Varga G., Cook A. Prevalence of gastrointestinal parasites and molecular identification of beta-tubulin mutations associated with benzimidazole resistance in *Haemonchus contortus* in goats from selected districts of Uganda. *Veterinary parasitology: regional studies and reports*. 2023; 42: 100889. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100889>
16. Keegan J., Good B., Waal T., Fanning J., Keane O. Genetic basis of benzimidazole resistance in *Teladorsagia circumcincta* in Ireland. *Irish Veterinary Journal*. 2017; 70 (8). <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0087-8>
17. Santos J., Vasconcelos J., Frota G., Freitas E., Teixeira M., Vieira L., Bevilacqua C., Monteiro J. Quantitative molecular diagnosis of levamisole resistance in populations of *Haemonchus contortus*. *Experimental Parasitology*. 2019; 205: 107734. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107734>

The article was submitted 10.08.2023; accepted for publication 20.08.2023

*About the authors:*

**Pimenov Ilya A.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), graduate student, [mr.pimenov123@yandex.ru](mailto:mr.pimenov123@yandex.ru)

**Kuznetsov Dmitry N.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), PhD in biol. sc., <https://orcid.org/0000-0001-8749-2543>, [dkuznetsov@mail.ru](mailto:dkuznetsov@mail.ru)

**Odoevskaya Irina M.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), PhD in biol. sc., <https://orcid.org/0000-0002-3644-5592>, [odoevskayaim@rambler.ru](mailto:odoevskayaim@rambler.ru)

**Afanasyev Alexey D.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), graduate student, [a.afanasyev@avgust.com](mailto:a.afanasyev@avgust.com)

**Varlamova Anastasiya I.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), Dr. Sc., <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>, [arsphoeb@mail.ru](mailto:arsphoeb@mail.ru)

*Contribution of co-authors:*

**Pimenov Ilya A.** – helminthological necropsy, helminth collection, analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

**Kuznetsov Dmitry N.** – identification of nematode species, analysis of the results, article preparation.

**Odoevskaya Irina M.** – scientific guidance, helminth collection, critical analysis and interpretation of the obtained data, resource support of the study, article preparation.

**Afanasyev Alexey D.** – helminthological necropsy, helminth collection, analysis and interpretation of the obtained data.

**Varlamova Anastasiya I.** – helminth collection, analysis of the results, preparation of the article.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 576.895.775:599.32+33:(571.1)

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-319-330>

## Блохи (Siphonaptera) мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири

Владимир Павлович Стариков<sup>1</sup>, Сергей Владимирович Егоров<sup>2</sup>,  
Евгений Александрович Вершинин<sup>3</sup>, Кирилл Александрович Берников<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

<sup>2</sup> Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева, Иваново, Россия

<sup>3</sup> Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока, Иркутск, Россия

<sup>1</sup> [vp\\_starikov@mail.ru](mailto:vp_starikov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4849-2158>

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4758-1028>

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3322-058X>

<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9577-8760>

### Аннотация

**Цель исследований** – установить состав блох, показатели заражения ими мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири; обобщить сведения по блохам изученной территории.

**Материалы и методы.** В 2008, 2010, 2016–2021 гг. в северной тайге Западной Сибири проведен учет мелких млекопитающих и их эктопаразитов (блох). Паразитологической оценке подвергнуто 1363 особи насекомоядных и грызунов 13 видов, учтенных с помощью ловчих канавок, направляющих заборчиков и ловушко-линий. Всего зарегистрированы 1524 блохи 18 видов. Для оценки количественных показателей блох использованы общепринятые в паразитологии индексы.

**Результаты и обсуждение.** По результатам собственных исследований и литературных источников у мелких млекопитающих в северной тайге Западной Сибири установлено обитание представителей 28 видов блох. Фауна блох изученной территории представлена блохами землероек (*Corrodopsylla birulai*, *Palaeopsylla sorecis*), блохами птиц (*Ceratophyllus gallinae*, *C. garei*), специфическими видами (*Ceratophyllus anisus*, *C. indages*, *C. sciurorum*, *Megabothris walkeri*, *Leptopsylla segnis*). Основу фауны блох мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири составляют *Peromyscopsylla silvatica*, *Corrodopsylla birulai*, *Megabothris rectangulatus*, *Amalaraeus penicilliger* и *Amphipsylla sibirica*.

**Ключевые слова:** блохи, показатели заражения, мелкие млекопитающие, северная тайга, Западная Сибирь

**Прозрачность финансовой деятельности:** в представленных материалах или методах авторы не имеют финансовой заинтересованности.

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Для цитирования:** Стариков В. П., Егоров С. В., Вершинин Е. А., Берников К. А. Блохи (Siphonaptera) мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 319–330.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-319-330>

© Стариков В. П., Егоров С. В., Вершинин Е. А., Берников К. А., 2023



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

Original article

## Fleas (Siphonaptera) of small mammals in the northern taiga of Western Siberia

Vladimir P. Starikov<sup>1</sup>, Sergei V. Egorov<sup>2</sup>, Evgeniy A. Vershinin<sup>3</sup>, Kirill A. Bernikov<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Surgut State University, Surgut, Russia

<sup>2</sup> Ivanovo State Agricultural Academy named after D. K. Belyaev, Ivanovo, Russia

<sup>3</sup> Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup> vp\_starikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4849-2158>

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4758-1028>

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3322-058X>

<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9577-8760>

### Abstract

**The purpose of the research** is to identify the composition of fleas, and infection rates in small mammals in the northern taiga of Western Siberia; and to summarize information on fleas in the studied area.

**Materials and methods.** In 2008, 2010, and 2016–2021, records of small mammals and their ectoparasites (fleas) were made in the northern taiga of Western Siberia. Parasitological survey was performed for 1363 specimens of insectivores and rodents of 13 species that were recorded using trap trenches, drift fences and trap-lines. A total of 1524 fleas of 18 species were recorded. Indices widely accepted in parasitology were used to assess quantitative indicators of fleas.

**Results and discussion.** Based on the results of our own research and literature sources, small mammals in the northern taiga of Western Siberia were found to have specimens of 28 flea species. The flea fauna of the study area was represented by shrew fleas (*Corrodopsylla birulai*, *Palaeopsylla sorecis*), bird fleas (*Ceratophyllus gallinae*, *C. garei*), and specific species (*Ceratophyllus anisus*, *C. indages*, *C. sciurorum*, *Megabothris walkeri*, *Leptopsylla segnis*). *Peromyscopsylla silvatica*, *Corrodopsylla birulai*, *Megabothris rectangulatus*, *Amalaraeus penicilliger*, and *Amphipsylla sibirica* comprise the backbone of the flea fauna of small mammals in the northern taiga of Western Siberia.

**Keywords:** fleas, infection rates, small mammals, northern taiga, Western Siberia

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Starikov V. P., Egorov S. V., Vershinin E. A., Bernikov K. A. Fleas (Siphonaptera) of small mammals in the northern taiga of Western Siberia. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17(3):319–330. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-319-330>

© Starikov V. P., Egorov S. V., Vershinin E. A., Bernikov K. A., 2023

### Введение

Блохи – паразитические членистоногие, способные сохранять и передавать человеку и животным различных возбудителей (бактерий, вирусов, риккетсий, простейших) [2, 5, 21, 27].

В Западной Сибири среди многообразия членистоногих блохи – одна из наиболее таксономически хорошо изученных групп животных. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации, которые большей частью касаются её южной и центральной части [1, 4,

7, 9, 10, 17, 18, 23, 25, 26, 28, 34]. В северной, наиболее труднодоступной части Западно-Сибирской равнины, исследований по блохам значительно меньше. Тем не менее, к настоящему времени накопился определенный материал по этой территории, в том числе по северной тайге.

Начало исследований блох мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири приходится на вторую половину XX в. Одной из первых была работа В. В. Попова и А. П. Зуев-

ского [24], в которой авторы в зонально-подзональном аспекте изучили распространение блох мелких млекопитающих Тюменской области. Для северной тайги этими авторами указано 16 видов блох (собственные и литературные данные), включая блох хищных млекопитающих (снятых с соболей *Martes zibellina* Linnaeus, 1758) – *Chaetopsylla zibellina* Ioff, 1946, *Chaetopsylla alia* Ioff, 1946 и ласки *Mustela nivalis* Linnaeus, 1766 – *Ceratophyllus paradoxus* Scalon, 1950.

В 1970–1980-е гг. значительный вклад в изучение блох мелких млекопитающих Западной Сибири и северной тайги, в частности, внесла В. Ф. Сапегина [30, 32]. Позднее [31], в обобщающей работе по блохам мелких млекопитающих северной тайги авторы приводят 17 видов блох, распределение их по хозяевам и территории, устанавливают изменения видового состава и обилия блох в широтном и меридиональном направлениях.

В начале XXI в. М. Г. Малькова [16] с учётом обобщения архивных данных (Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, современное название) за 1969–1981 гг. и собственных исследований (1997, 2002 гг.) подытожила сведения по блохам северной тайги Западной Сибири. Автор также описала 17 видов блох мелких млекопитающих с указанием особенностей их распределения по видам и группам хозяев, обилию, доминированию.

Цель нашей работы – отразить полученные нами материалы по блохам мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири, а также, используя литературные источники, обобщить сведения по этой группе животных изученной территории.

### Материалы и методы

Исследования проведены в северной тайге Западной Сибири (территория Ханты-Мансийского автономного округа – Югры). Блох мелких млекопитающих (насекомоядные и грызуны) учитывали в окрестностях посёлка Саранпауль Берёзовского района (2020 и 2021 гг.). Это наиболее западная, равнинная точка наших учётов, примыкающая к Приполярному Уралу. В пойме р. Оби в 2019 г. сбор материала проводили на территории заказника «Унторский» (Октябрьский район). На

Обь-Енисейском водоразделе учёты мелких млекопитающих и их эктопаразитов осуществляли в Белоярском районе на территории заказника «Сорумский» (2008, 2010 гг.) и в природном парке «Нумто» (2016–2018 гг.). Во всех точках при отловах мелких млекопитающих использовали методы ловчих канавок [20], в переувлажнённых биотопах – направляющих заборчиков из полиэтиленовой плёнки [22] и ловушко-линий [12, 14].

Всего исследовано 1363 экз. мелких млекопитающих 13 видов: обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*, Linnaeus, 1758), тундрная бурозубка (*S. tundrensis*, Merriam, 1900), крупнозубая бурозубка (*S. daphaenodon*, Thomas, 1907), средняя бурозубка (*S. caecutiens*, Laxmann, 1788), малая бурозубка (*S. minutus*, Linnaeus, 1766), азиатский бурундук (*Eutamias sibiricus*, Laxmann, 1769), лесной лемминг (*Myopus schisticolor*, Lilljeborg, 1844), красная полёвка (*Myodes rutilus*, Pallas, 1779), водяная полёвка (*Arvicola amphibius*, Linnaeus, 1758), тёмная полёвка (*Agricola agrestis*, Linnaeus, 1761), полёвка Миддендорфа (*Alexandromys middendorffii*, Pjliakov, 1881), полёвка-экономка (*A. oeconomus*, Pallas, 1776), мышь-малютка (*Micromys minutus*, Pallas, 1771).

С этих животных снято 1524 блохи 18 видов: *Ctenophthalmus uncinatus* (Wagner, 1898), *Palaeopsylla sorecis* (Dale, 1878), *Corrodopsylla birulai* (Ioff, 1928), *Catallagia dacenkoi* Ioff, 1940, *C. ioffi* Scalon, 1950, *Rhadinopsylla integella* Jordan et Rothschild, 1921, *Hystrichopsylla talpae* (Curtis, 1826), *Amalaraeus penicilliger* (Grube, 1851), *Ceratophyllus anisus* Rothschild, 1907, *C. indages* Rothschild, 1908, *Megabothris rectangulatus* (Wahlgren, 1903), *M. turbidus* (Rothschild, 1909), *M. calcarifer* (Wagner, 1913), *Nosopsyllus consimilis* (Wagner, 1898), *Amphipsylla rossica* Wagner, 1912, *A. sibirica* (Wagner, 1898), *Peromyscopsylla bidentata* (Kolenati, 1863), *P. silvatica* (Meinert, 1896).

При сборе блох с мелких млекопитающих следовали рекомендациям И. Г. Иоффа и О. И. Скалон [11]. Латинские названия видов блох приведены в соответствии с каталогом блох (Siphonaptera) фауны России и сопредельных стран [13]. В работе использованы общепринятые в паразитологии индексы: индекс встречаемости – ИВ (число зараженных особей в процентах от исследованных), средняя интенсивность заражения зверьков эктопара-

зитами – ИЗ (среднее число паразитов, обнаруженных на одном заражённом животном, экз.), индекс обилия – ИО (среднее число паразитов, приходящееся на одного исследованного зверька, экз.) [3]. Русские и латинские названия видов млекопитающих приведены по А. А. Лисовскому с соавт. [15].

### Результаты и обсуждение

Для Западной Сибири характерно разнообразие природных условий (лесная зона, лесостепь и степь). Фауна блох наиболее богата в Омской области; она насчитывает 46 видов и подвидов [36]. В то же время, она резко обеднена в лесотундре и тундре: соответственно 10 и 5 видов [8], что связано с обеднением состава прокормителей и более суровыми климатическими условиями.

Из 28 видов мелких млекопитающих (насекомоядные и грызуны), зарегистрированных за последние 120 лет в северной тайге Западной Сибири [37], сборы блох нами проведены с 13 видов (табл. 1); установлено паразитирование 18 видов блох. Среди них два вида – *C. birulai* и *P. soricis* – блохи насекомоядных, один специфический вид азиатского бурундука – *C. indages*, один специфический вид серой крысы *Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769 – *C. anisus*. Большинство остальных видов – эктопаразиты грызунов или частично встречающиеся и на землеройках.

По мнению В. Ф. Сапегинной с соавт. [31], в типичной северной тайге Западной Сибири доминируют *P. silvatica*, *C. birulai* и *M. rectangulatus*. М. Г. Малькова [16] в качестве доминантов блох мелких млекопитающих этой территории указывает *P. silvatica*, *M. rectangulatus* и *A. penicilliger*, содоминантов – *A. sibirica* и *C. birulai*.

В нашем случае ярко выражено доминирование *C. birulai* (43,9% от всех учтённых блох). *C. birulai* зарегистрирована на 11 видах мелких млекопитающих с наибольшими показателями обилия на землеройках. Доля *P. silvatica* в два раза ниже (20,3%). *P. silvatica* паразитируют на 8 видах мелких млекопитающих; её основные прокормители – красная полёвка и полёвка-экономка. В качестве содоминантов установлены *M. rectangulatus* и *C. indages* (соответственно 6,2 и 5,6%).

Таким образом, по данным различных авторов доминирующие виды оказались срав-

нительно сходными. Небольшая разница в их составе, на наш взгляд, определялась конкретным местом учётов прокормителей (пойма, междуречье, юг, север, запад, центр, восток подзоны), годом учётов (различная фаза динамики численности мелких млекопитающих), а также различными методами учёта зверьков.

Результаты наших исследований и данные других ученых позволяют считать обитание в северной тайге Западной Сибири представителей, как минимум, 28 видов блох насекомоядных и грызунов (табл. 2).

Наряду с нашими данными, дополнительно в эту группу вошли блохи птиц, встречающиеся на мелких млекопитающих (*C. gallinae* и *C. garei*), специфические виды водяной полёвки, домового мыши (*L. segnis*), обыкновенной белки (*C. sciurorum*). Некоторое удивление вызывает находка *C. tesquorum* у сусликов [16]. В то же время, здесь же, в северной тайге, отмечена и блоха *N. pleskei* [31], свойственная для юга Сибири и встречающаяся на различных степных грызунах [11, 34].

Особого внимания заслуживают три редких вида блох (*C. anisus*, *N. consimilis* и *A. rossica*). В отношении *A. anisus* (крысиная блоха) ситуация особая. Эта синантропная блоха единично была снята с тёмной полёвки на территории природного парка «Нумто». Ранее *A. anisus* регистрировали лишь в Южной Сибири, лесной зоне Забайкалья, юго-восточной степи Забайкалья и Дальнего Востока [33]. О. Н. Сазонова [27] указывала на отсутствие *N. consimilis* и *A. rossica* в Западной Сибири. В отношении последнего вида – на широте Средней Оби. В дальнейшем это нашло подтверждение и в ключевых работах по блохам мелких млекопитающих Западно-Сибирской равнины [4, 9, 24, 29]. И. В. Назарова [19] также подтверждала отсутствие этого вида в Сибири.

Блоха *N. consimilis* зарегистрирована нами только в западной части северной тайги в окр. п. Саранпауль (на полёвке-экономке), равнинной территории, прилегающей к Приполярному Уралу (восточный макросклон). На самом Приполярном Урале *N. consimilis* паразитировала на тёмной и красносерой (*Craseomys rufocanus*, Sundevall, 1846) полёвках. Встречается *N. consimilis* в средней тайге Западной Сибири [35] и в лесостепном Зауралье (наши данные). *A. rossica* также встречалась в запад-

Таблица 1 [Table 1]

Распределение блох мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири  
[Distribution of fleas of small mammals in the northern taiga of Western Siberia]

Вид прокормителя [Specie of host]	Осмотрено зверьков [Examined mammals]	Заражено зверьков [Infected mammals]	Вид блох [Specie of fleas]	Число, экз. [Number, sp.]	ИВ, % [OI, %]	ИЗ, экз. [II, sp.]	ИО, экз. [AI, sp.]
1	2	3	4	5	6	7	8
Обыкновенная бурозубка ( <i>S. araneus</i> )	376	129	<i>Corrodopsylla birulai</i>	455	34,31	3,53	1,21
		27	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	50	7,18	1,85	0,13
		9	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	10	2,39	1,11	0,03
		9	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	9	2,39	1,00	0,02
		4	<i>Amalaraeus penicilliger</i>	5	1,06	1,25	0,01
		2	<i>Megabothris rectangulatus</i>	3	0,53	1,50	0,008
		3	<i>Megabothris calcarifer</i>	3	0,80	1,00	0,008
		2	<i>Megabothris turbidus</i>	2	0,53	1,00	0,005
		2	<i>Rhadinopsylla integella</i>	2	0,53	1,00	0,005
		1	<i>Hystrichopsylla talpae</i>	1	0,27	1,00	0,003
1	<i>Amphipsylla sibirica</i>	1	0,27	1,00	0,003		
Тундрная бурозубка ( <i>S. tundrensis</i> )	14	7	<i>Corrodopsylla birulai</i>	14	50,00	2,00	1,00
Крупнозубая бурозубка ( <i>S. daphaenodon</i> )	11	4	<i>Corrodopsylla birulai</i>	12	36,36	3,00	1,09
		1	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	2	9,09	2,00	0,18
		1	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	1	0,09	1,00	0,09
Средняя бурозуб- ка ( <i>S. caecutiens</i> )	110	23	<i>Corrodopsylla birulai</i>	33	20,91	1,43	0,30
		2	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	2	1,82	1,00	0,02
		2	<i>Megabothris rectangulatus</i>	2	1,82	1,00	0,02
		2	<i>Amphipsylla sibirica</i>	2	1,82	1,00	0,02
Малая бурозуб- ка ( <i>S. minutus</i> )	63	9	<i>Amphipsylla sibirica</i>	19	14,29	2,11	0,30
		1	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	1	1,59	1,00	0,02
		1	<i>Megabothris rectangulatus</i>	1	1,59	1,00	0,02
Азиатский бурун- дук ( <i>E. sibiricus</i> )	16	5	<i>Ceratophyllus indages</i>	45	31,25	9,00	2,81
		4	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	5	25,00	1,25	0,31
		3	<i>Megabothris turbidus</i>	9	18,75	3,00	0,56
		2	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	3	12,50	1,5	0,19
		1	<i>Megabothris rectangulatus</i>	1	6,25	1,00	0,06
		1	<i>Corrodopsylla birulai</i>	1	6,25	1,00	0,06
Лесной лемминг ( <i>M. schisticolor</i> )	20	2	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	2	10,00	1,00	0,10
		1	<i>Megabothris rectangulatus</i>	2	5,00	2,00	0,10
		1	<i>Corrodopsylla birulai</i>	1	5,00	1,00	0,05
Красная полёв- ка ( <i>M. rutilus</i> )	348	68	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	157	19,54	2,31	0,45
		27	<i>Corrodopsylla birulai</i>	101	7,76	3,74	0,29
		45	<i>Amalaraeus penicilliger</i>	77	12,93	1,71	0,22
		33	<i>Megabothris rectangulatus</i>	61	9,48	1,85	0,18
		19	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	51	5,46	2,68	0,15
		27	<i>Megabothris turbidus</i>	35	7,76	1,30	0,10
		16	<i>Ceratophyllus indages</i>	30	4,60	1,88	0,09
		9	<i>Megabothris calcarifer</i>	14	2,59	1,56	0,04
		7	<i>Hystrichopsylla talpae</i>	13	2,01	1,86	0,04
		4	<i>Peromyscopsylla bidentata</i>	8	1,15	2,00	0,02
6	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	7	1,72	1,17	0,02		



Окончание таблицы 1 [End of table 1]

Распределение блох мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири  
[Distribution of fleas of small mammals in the northern taiga of Western Siberia]

Вид прокормителя [Specie of host]	Осмотрено зверьков [Examined mammals]	Заражено зверьков [Infected mammals]	Вид блох [Specie of fleas]	Число, экз. [Number, sp.]	ИВ, % [OI, %]	ИЗ, экз. [II, sp.]	ИО, экз. [AI, sp.]
1	2	3	4	5	6	7	8
Красная полёвка ( <i>M. rutilus</i> )	348	6	<i>Amphipsylla sibirica</i>	6	1,72	1,00	0,02
		2	<i>Amphipsylla rossica</i>	3	0,57	1,50	0,009
		2	<i>Catallagia ioffi</i>	3	0,57	1,50	0,009
		1	<i>Catallagia dacenkoi</i>	2	0,29	2,00	0,006
		1	<i>Rhadinopsylla integella</i>	1	0,29	1,00	0,003
Водяная полёвка ( <i>A. amphibius</i> )	29	2	<i>Megabothris turbidus</i>	3	6,90	1,50	0,10
		1	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	2	3,45	2,00	0,07
		1	<i>Megabothris rectangulatus</i>	1	3,45	1,00	0,03
		1	<i>Megabothris calcarifer</i>	1	3,45	1,00	0,03
		1	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	1	3,45	1,00	0,03
Тёмная полёвка ( <i>A. agrestis</i> )	22	2	<i>Corrodopsylla birulai</i>	10	9,09	5,00	0,45
		3	<i>Megabothris rectangulatus</i>	3	13,64	1,00	0,14
		2	<i>Megabothris turbidus</i>	2	9,09	1,00	0,09
		2	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	2	9,09	1,00	0,09
		1	<i>Amalaraeus penicilliger</i>	1	4,55	1,00	0,05
		1	<i>Megabothris calcarifer</i>	1	4,55	1,00	0,05
		1	<i>Ceratophyllus indages</i>	1	4,55	1,00	0,05
Полёвка Миддендорфа ( <i>A. middendorffii</i> )	3	1	<i>Megabothris rectangulatus</i>	1	33,33	1,00	0,33
		1	<i>Amphipsylla sibirica</i>	1	33,33	1,00	0,33
Полёвка-экономка ( <i>A. oeconomus</i> )	321	48	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	130	14,95	2,71	0,40
		13	<i>Megabothris rectangulatus</i>	19	4,05	1,46	0,06
		11	<i>Megabothris turbidus</i>	12	3,43	1,09	0,04
		9	<i>Corrodopsylla birulai</i>	12	2,80	1,33	0,04
		6	<i>Megabothris calcarifer</i>	7	1,87	1,17	0,02
		5	<i>Amphipsylla rossica</i>	8	1,56	1,60	0,02
		3	<i>Amphipsylla sibirica</i>	4	0,93	1,33	0,01
		1	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	1	0,31	1,00	0,003
		1	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	2	0,31	2,00	0,006
		1	<i>Amalaraeus penicilliger</i>	1	0,31	1,00	0,003
Мышь-малютка ( <i>M. minutus</i> )	30	5	<i>Corrodopsylla birulai</i>	10	16,67	2,00	0,33
		2	<i>Peromyscopsylla silvatica</i>	3	6,67	1,50	0,10
		1	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i>	2	2,33	2,00	0,07
		1	<i>Palaeopsylla sorecis</i>	1	3,33	1,00	0,03
		1	<i>Megabothris turbidus</i>	1	3,33	1,00	0,03

Таблица 2 [Table 2]

**Блохи мелких млекопитающих (насекомоядные и грызуны) северной тайги Западной Сибири**  
**[Fleas of small mammals (insectivores and rodents) of the northern taiga of Western Siberia]**

№ п/п	Вид блох [Specie of fleas]	Обнаружены блохи мелких млекопитающих по данным литературы [Fleas of small mammals were found according to the literature]			
		Наши данные [our data]	Сапегина и др., 1990 [31] Sapегina et al., 1990	Малькова, 2009 [16] Malkova, 2009	Попов, Зуевский, 1965 [24] Popov, Zuevsky, 1965
1.	<i>Ctenophthalmus uncinatus</i> (Wagner, 1898)	+		+	
2.	<i>Palaeopsylla sorecis</i> Dale, 1878	+	+	+	
3.	<i>Corrodopsylla birulai</i> Ioff, 1928	+	+	+	
4.	<i>Neopsylla acanthina</i> Jordan et Rothschild, 1923		+		
5.	<i>Neopsylla pleskei</i> Ioff, 1928		+		
6.	<i>Catallagia dacenkoi</i> Ioff, 1940	+	+	+	+
7.	<i>Catallagia ioffi</i> Scalon, 1950	+	+	+	+
8.	<i>Rhadinopsylla integella</i> Jordan et Rothschild, 1921	+	+	+	+
9.	<i>Hystrichopsylla talpae</i> (Curtis, 1826)	+	+	+	+
10.	<i>Amalaraeus dissimilis</i> (Jordan, 1938)		+		
11.	<i>Amalaraeus penicilliger</i> (Grube, 1851)	+		+	
12.	<i>Ceratophyllus gallinae</i> (Schrank, 1803)				+
13.	<i>Ceratophyllus garei</i> Rothschild, 1902		+	+	
14.	<i>Ceratophyllus anisus</i> Rothschild, 1907	+			
15.	<i>Ceratophyllus indages</i> Rothschild, 1908	+	+	+	
16.	<i>Igioffius taiganus</i> (Scalon, 1950)				+
17.	<i>Ceratophyllus sciurorum</i> (Schrank, 1803)				+
18.	<i>Citellophilus tesquorum</i> (Wagner, 1898)			+	
19.	<i>Megabothris rectangulatus</i> (Wahlgren, 1903)	+	+	+	+
20.	<i>Megabothris turbidus</i> (Rothschild, 1909)	+			+
21.	<i>Megabothris calcarifer</i> (Wagner, 1913)	+	+	+	+
22.	<i>Megabothris walkeri</i> (Rothschild, 1902)				+
23.	<i>Nosopsyllus consimilis</i> (Wagner, 1898)	+			
24.	<i>Amphipsylla rossica</i> Wagner, 1912	+			
25.	<i>Amphipsylla sibirica</i> (Wagner, 1898)	+	+	+	+
26.	<i>Leptopsylla segnis</i> (Schonherr, 1811)		+	+	
27.	<i>Peromyscopsylla bidentata</i> (Kolenati, 1863)	+	+	+	+
28.	<i>Peromyscopsylla silvatica</i> (Meinert, 1896)	+	+	+	

ной части северной тайги. Здесь она отмечена в окр. п. Саранпауль (на красной полёвке и полёвке-экономке) и в Унторском заказнике (единично на красной полёвке). В то же время, на Приполярном Урале эта блоха имеет более широкий круг прокормителей (полёвка красная, красносерая, тёмная, водяная и Миддендорфа).

Во второй половине XX в. стало ясно, что блоха *A. rossica* не только широко распространены в Восточной Европе, но и на Алтае [33], в степях Западной Сибири [6]. В 2020 г. нами они зарегистрированы в лесостепном Зауралье. М. Г. Малькова [16] указывала эту блоху для тундры Западной Сибири в качестве редкого вида (на зверьках и в их гнёздах).

### Заключение

Фауна блох мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири изучена сравнительно полно; насчитывает около трёх десятков видов. Наиболее высокие показатели встречаемости и обилия свойственны для *P. silvatica*, *C. birulai*, *M. rectangulatus*, *A. penicilliger* и *A. sibirica*. Впервые для лесной зоны Западно-Сибирской равнины отмечена блоха *C. anisus*, для северной тайги Западной Сибири и Приполярного Урала – *N. consimilis* и *A. rossica*. Пополнение видов возможно за счёт специфических кротовых блох (в западной части северной тайги редко встречается европейский крот *Talpa europaea* Linnaeus, 1758, в центральной и восточной – алтайский крот *Talpa altaica* Nikolsky, 1883), других насекомых (землероек), дополнительно специфических видов блох водяной полевки, домового мыши, серой крысы и обыкновенной белки. Список видов блох может быть увеличен и за счёт птичьих блох, случайно встречающихся на мелких млекопитающих.

### Список источников

1. Алифанов В. И. Материалы по изучению фауны блох Омской области // Труды Омского научно-исследовательского института эпидемиологии, микробиологии и гигиены. Омск, 1957. Вып. 4. С. 249-252.
2. Балашов Ю. С. Паразито-хозяйственные отношения членистоногих с наземными позвоночными. Л.: Наука, 1982. 320 с.
3. Беклемишев В. Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоологический журнал. 1961. Т. 40. Вып. 2. С. 149-158.
4. Богданов И. И., Малькова М. Г., Якименко В. В., Танцев А. К. Паразито-хозяйственные связи блох и мелких млекопитающих Омской области // Паразитология. 2001. Т. 35. Вып. 3. С. 184-191.
5. Ващенко В. С. Блохи (Siphonaptera) – переносчики возбудителей болезней человека и животных. Л.: Наука, 1988. 163 с.
6. Ващенко В. С. Видовой состав блох (Siphonaptera) Северо-Запада России // Паразитология. 1996. Т. 30. Вып. 5. С. 410-424.
7. Виолович Н. А. Ландшафтно-географическое распределение блох / В кн.: Биологическое районирование Новосибирской области. Новосибирск: Наука, 1969. С. 211-221.
8. Ельшин С. В. Зонально-ландшафтные особенности населения мелких млекопитающих и их эктопаразитов Приобского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1983. 22 с.
9. Иголкин Н. И. Комплексы эктопаразитов мелких млекопитающих юго-восточной части Западной Сибири. Томск: ТГУ, 1978. 240 с.
10. Иоффе И. Г., Квитницкая Г. В., Кузьменко М. П., Лабунец Н. Ф. Блохи водяной крысы и других млекопитающих Барабинской лесостепи / В кн.: Водяная крыса и борьба с ней в Западной Сибири. Новосибирск: Новосибирское кн. изд-во, 1959. С. 148-158.
11. Иоффе И. Г., Скалон О. И. Определитель блох Восточной Сибири, Дальнего Востока и прилегающих районов. М.: Медгиз, 1954. 275 с.
12. Карасёва Е. В., Телицына А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
13. Котти Б. К. Каталог блох (Siphonaptera) фауны России и сопредельных стран. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2018. 129 с.
14. Кучерук В. В. Новое в методике количественного учёта вредных грызунов и землероек / В кн.: Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 159-184.
15. Лисовский А. А., Шефтель Б. И., Савельев А. П., Ермаков О. А., Козлов Ю. А., Смирнов Д. Г., Стасеев В. В., Глазов Д. М. Млекопитающие России: список видов и прикладные аспекты // Сборник трудов Зоологического музея МГУ. М.: Тов. науч. изд. КМК, 2019. Т. 56. 191 с.

16. Малькова М. Г. Зональные фаунистические комплексы и структура сообществ мелких млекопитающих и связанных с ними членистоногих в Западной Сибири: дис. ... д-ра биол. наук. Омск, 2009. 452 с.
17. Малькова М. Г., Танцев А. К. Зональные типы паразито-хозяйных комплексов мелких млекопитающих и членистоногих Западно-Сибирской равнины // Паразитология. 2011. Т. 45. Вып. 5. С. 392-400.
18. Малюшина Е. П. Эктопаразиты мелких млекопитающих в таёжной зоне Западной Сибири // Проблемы паразитологии. Киев: Наукова думка, 1969. Ч. 2. С. 132-134.
19. Назарова И. В. Блохи Волжско-Камского края. М.: Наука, 1981. 168 с.
20. Наумов Н. П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. М.: Медгиз, 1955. Т. 9. С. 179-202.
21. Олсуфьев Н. Г. Таксономия, микробиология и лабораторная диагностика возбудителя туляремии. М.: Медицина, 1975. 192 с.
22. Охотина М. В., Костенко В. А. Полиэтиленовая плёнка – перспективный материал для изготовления направляющих заборчиков // Фауна и экология позвоночных юга Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 193-196.
23. Попов В. В. Географическое распространение блох (сифонаптера) мелких млекопитающих Тюменской области // Вопросы краевой инфекционной патологии. Тюмень, 1969. С. 43-47.
24. Попов В. В., Зуевский А. П. Материалы к зоолого-паразитологической характеристике Тюменской области // Земля Тюменская. Тюмень: ТОКМ, 1965. Вып. 4. С. 102-112.
25. Попов В. М. Материалы по изучению фауны блох (Arhaptera) Западной Сибири // Эпидемиология и профилактика инфекций. Томск, 1945. С. 80-84.
26. Сазонова О. Н. О блохах с грызунов и насекомоядных низовьев Иртыша // Паразитология и трансмиссивные болезни. Новости медицины. 1947. Вып. 5. С. 29-30.
27. Сазонова О. Н. Блохи млекопитающих лесной зоны европейской части СССР // Учёные записки Московского областного педагогического института им. Н. К. Крупской. 1963. Т. СХХVI. Вып. 6. С. 135-212.
28. Сапегина В. Ф. Особенности распределения блох мелких млекопитающих и птиц в южной тайге Прииртышья // Паразитология. 1976. Т. 10. Вып. 5. С. 397-400.
29. Сапегина В. Ф. Блохи (Siphonaptera) Западно-Сибирской равнины // Энтомологическое обозрение. 2003. Т. 82. Вып. 3. С. 598-608.
30. Сапегина В. Ф., Вартапетов Л. Г., Цыбулин С. М. Блохи мелких млекопитающих северной и средней тайги Приобья // Паразитические насекомые и клещи Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. С. 232-235.
31. Сапегина В. Ф., Вартапетов Л. Г., Покровская И. В. Блохи мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири // Паразитология. 1990. Т. 24. Вып. 1. С. 56-62.
32. Сапегина В. Ф., Равкин Ю. С., Лукьянова И. В. Блохи северной тайги Приобья // Тезисы докладов 2-й Всесоюзной конференции по адаптации человека к различным географическим, климатическим и производственным условиям. Новосибирск, 1978. Т. 5. С. 35-36.
33. Скалон О. И. Блохи Сибири, Дальнего Востока и Монгольской Народной Республики: доклад, представленный на соискание учёной степени кандидата биологических наук по совокупности опубликованных работ. Ставрополь-на-Кавказе, 1966. 58 с.
34. Стариков В. П., Сапегина В. Ф. Эктопаразиты мелких млекопитающих лесостепного Зауралья // Известия СО АН СССР. Серия биол. наук. 1986. Вып. 3. № 18. С. 76-82.
35. Стариков В. П., Егоров С. В., Майорова А. Д., Вершинин Е. А., Петухов В. А., Наконечный Н. В., Саранульцева Е. С., Кравченко В. Н. Комплекс эктопаразитов восточноевропейской полёвки *Microtus rossiaemeridionalis* (Arvicolinae, Rodentia) на северной границе ареала в Западной Сибири // Российский паразитологический журнал. 2020. № 2. С. 209-227.
36. Фёдоров В. Г., Алифанов В. И. К фауне блох Омской области // Вопросы инфекционной патологии: Природно-очаговые болезни. Омск, 1971. С. 274-278.
37. Starikov V. P., Vartapetov L. G. Geographic Ecological Analysis of small Mammals of the Northern Taiga of Western Siberia. Contemporary Problems of Ecology. 2021; 14 (1): 49-61.

Статья поступила в редакцию 26.04.2023; принята к публикации 10.07.2023

Об авторах:

**Стариков Владимир Павлович**, Сургутский государственный университет (628412, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, пр. Ленина, 1), г. Сургут, Россия, доктор биологических наук, профессор, ORCID ID: 0000-0003-4849-2158, vp\_starikov@mail.ru

**Егоров Сергей Владимирович**, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева (153012, Россия, г. Иваново, ул. Советская, 45), г. Иваново, Россия, доктор биологических наук, профессор, ORCID ID: 0000-0003-4758-1028

**Вершинин Евгений Александрович**, Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока (664047, Россия, г. Иркутск, ул. Трилиссера, 78), г. Иркутск, Россия, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-3322-058X

**Берников Кирилл Александрович**, Сургутский государственный университет (628412, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, пр. Ленина, 1), г. Сургут, Россия, кандидат биологических наук, доцент, ORCID ID: 0000-0001-9577-8760

Вклад соавторов:

**Стариков Владимир Павлович** – сбор материала, литературное оформление материала.

**Егоров Сергей Владимирович** – дифференциация блох до вида.

**Вершинин Евгений Александрович** – дифференциация блох до вида.

**Берников Кирилл Александрович** – сбор материала, оформление статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

- Alifanov V. I. Materials for the study of the flea fauna in the Omsk Region. *Trudy Omskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta epidemiologii, mikrobiologii i gigiyeny = Proceedings of the Omsk Research Institute of Epidemiology, Microbiology and Hygiene*. Omsk, 1957; 4: 249-252. (In Russ.)
- Balashov Yu. S. Host-parasite relationships of arthropods with terrestrial vertebrates. L.: Nauka, 1982; 320. (In Russ.)
- Beklemishev V. N. Terms and concepts needed for the quantitative study of populations of ectoparasites and nidicols. *Zoologicheskij zhurnal = Journal of Zoology*. 1961; 40 (2): 149-158. (In Russ.)
- Bogdanov I. I., Malkova M. G., Yakimenko V. V., Tantsev A. K. Host-parasite relationships of fleas and small mammals in the Omsk Region. *Parazitologiya = Parasitology*. 2001; 35 (3): 184-191. (In Russ.)
- Vashchenok V. S. Fleas (Siphonaptera) are carriers of human and animal pathogens. L.: Nauka, 1988; 163. (In Russ.)
- Vashchenok V. S. Species composition of fleas (Siphonaptera) in the North-West of Russia. *Parasitology*. 1996; 30 (5): 410-424.
- Violovich N. A. Landscape and geographical distribution of fleas. In: *Biological zoning of the Novosibirsk Region*. Novosibirsk: Nauka, 1969; 211-221. (In Russ.)
- Elshin S. V. Zonal and landscape characteristics of the population of small mammals and their ectoparasites in the Priobsky North: Extended abstract of Candidate's thesis. Novosibirsk, 1983; 22. (In Russ.)
- Igolkin N. I. Ectoparasite complexes of small mammals in the southeastern part of Western Siberia. Tomsk: TSU, 1978; 240. (In Russ.)
- Ioff I. G., Kvitnitskaya G. V., Kuzmenko M. P., Labunets N. F. Fleas of the water rat and other mammals in the Baraba Forest-Steppe. In: *Water rat and its control in Western Siberia*. Novosibirsk: Novosibirsk Book Publishing House, 1959; 148-158. (In Russ.)
- Ioff I. G., Skalon O. I. Identification guide of fleas in Eastern Siberia, the Far East and adjacent areas. M.: Medgiz, 1954; 275. (In Russ.)
- Karaseva E. V., Telitsyna A. Yu., Zhigalsky O. A. Study methods of rodents in the field. M.: LKI Publishing House, 2008; 416. (In Russ.)
- Kotti B. K. Catalog of fleas (Siphonaptera) of the fauna in Russia and neighboring countries.

- Stavropol: SKFU Publishing House, 2018; 129. (In Russ.)
14. Kucheruk V. V. New in the method of quantitative recording of harmful rodents and shrews. In: *Record arrangements and methods of birds and harmful rodents*. M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1963; 159-184. (In Russ.)
  15. Lisovsky A. A., Sheftel B. I., Saveliev A. P., Ermakov O. A., Kozlov Yu. A., Smirnov D. G., Stakhev V. V., Glazov D. M. Mammals in Russia: list of species and applied considerations. *Proceedings of the Moscow State University Zoological Museum*. M.: KMK Scientific Press Ltd., 2019; 56. 191. (In Russ.)
  16. Malkova M. G. Zonal faunal complexes and community structure of small mammals and related arthropods in Western Siberia: Doctor's thesis. Omsk, 2009; 452. (In Russ.)
  17. Malkova M. G., Tantsev A. K. Zonal types of host-parasite complexes of small mammals and arthropods of the West Siberian Plain. *Parazitologija = Parasitology*. 2011; 45 (5): 392-400. (In Russ.)
  18. Malyushina E. P. Ectoparasites of small mammals in the taiga area of Western Siberia. *Problemy parazitologii = Issues of Parasitology*. Kyiv: Naukova Dumka, 1969; 2: 132-134.
  19. Nazarova I. V. Fleas in the Volga-Kama area. M.: Nauka, 1981; 168. (In Russ.)
  20. Naumov N. P. Study of the mobility and number of small mammals using trap trenches. *Voprosy krayevoy, obshchey i eksperimental'noy parazitologii i meditsinskoy zoologii = Issues of regional, general, and experimental parasitology and medical zoology*. M.: Medgiz, 1955; 9. 179-202. (In Russ.)
  21. Olsufiev N. G. Taxonomy, microbiology, and laboratory diagnostics of the tularemia causative agent. M.: Medicine, 1975; 192. (In Russ.)
  22. Okhotina M. V., Kostenko V. A. Polyethylene film is a promising material for manufacturing drift fences. Fauna and ecology of vertebrates in the south of the Far East of the USSR. Vladivostok: Far Eastern Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR, 1974; 193-196. (In Russ.)
  23. Popov V. V. Geographical distribution of fleas (siphonaptera) of small mammals in the Tyumen Region. *Voprosy krayevoy infektsionnoy patologii = Issues of regional infectious pathology*. Tyumen, 1969; 43-47. (In Russ.)
  24. Popov V. V., Zuevsky A. P. Materials for the zoological and parasitological characteristics of the Tyumen Region. *Zemlya Tyumenskaya = Tyumen Land*. Tyumen: the Tomsk Regional Museum of Local Lore, 1965; 4: 102-112. (In Russ.)
  25. Popov V. M. Study materials of the fauna of fleas (Aphaniptera) in Western Siberia. *Epidemiologiya i profilaktika infektsiy = Epidemiology and infection prevention*. Tomsk, 1945; 80-84. (In Russ.)
  26. Sazonova O. N. On fleas from rodents and insectivorous in lower reaches of the Irtysh. *Parazitologiya i transmissivnyye bolezni. Novosti meditsiny = Parasitology and vector-borne diseases. Medical news*. 1947; 5: 29-30. (In Russ.)
  27. Sazonova O. N. Fleas of mammals in the forest zone of the European part of the USSR. *Uchonyye zapiski Moskovskogo oblastnogo pedagogicheskogo instituta imeni N. K. Krupskoy = Scientific papers of the Moscow Regional Pedagogical Institute named after N. K. Krupskaya*. 1963; CXXVI (6): 135-212. (In Russ.)
  28. Sapagina V. F. Distribution of fleas of small mammals and birds in the southern taiga of the Irtysh region. *Parazitologija = Parasitology*. 1976; 10 (5): 397-400. (In Russ.)
  29. Sapagina V. F. Fleas (Siphonaptera) in the West Siberian Plain. *Entomologicheskoye obozreniye = Entomological Review*. 2003; 82 (3): 598-608. (In Russ.)
  30. Sapagina V. F., Vartapetov L. G., Tsybulin S. M. Fleas of small mammals in the northern and middle taiga of the Ob region. *Parasitic insects and mites in Siberia*. Novosibirsk: Nauka, 1980; 232-235. (In Russ.)
  31. Sapagina V. F., Vartapetov L. G., Pokrovskaya I. V. Fleas of small mammals in the northern taiga of Western Siberia. *Parazitologija = Parasitology*. 1990; 24 (1): 56-62. (In Russ.)
  32. Sapagina V. F., Ravkin Yu. S., Lukyanova I. V. Fleas in the northern taiga of the Ob region. *Tezisy dokladov 2-y Vsesoyuznoy konferentsii po adaptatsii cheloveka k razlichnym geograficheskim, klimaticheskim i proizvodstvennym usloviyam = Abstracts of the 2nd All-Union Conference on Human Adaptation to Various Geographic, Climatic, and Industrial Conditions*. Novosibirsk, 1978; 5: 35-36. (In Russ.)
  33. Skalon O. I. Fleas in Siberia, the Far East, and the Mongolian People's Republic: a report submitted for the degree of Candidate of Biological Sciences per totality of published works. Stavropol in the Caucasus, 1966; 58. (In Russ.)

34. Starikov V.P., Sapegina V.F., Ectoparasites of small mammals in the forest-steppe Trans-Urals. *Izvestiya SO AN SSSR. Seriya biol. nauk = Proceedings of the Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR. Biological Science Series*. 1986; 3 (18): 76-82. (In Russ.)
35. Starikov V.P., Egorov S.V., Mayorova A.D., Vershinin E.A., Petukhov V.A., Nakonechny N.V., Sarapultseva E.S., Kravchenko V.N. Ectoparasite Complex of the East European Vole *Microtus rossiaemeridionalis* (Arvicolinae, Rodentia) on the Northern Border of the Range in Western Siberia. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020;14(3):23-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-3-23-33>
36. Fedorov V. G., Alifanov V. I. On the flea fauna in the Omsk Region. *Voprosy infektsionnoy patologii: Prirodno-ochagovyye bolezni = Infectious pathology issues: Natural focal diseases*. Omsk, 1971; 274-278. (In Russ.)
37. Starikov V. P., Vartapetov L. G. Geographic Ecological Analysis of small Mammals of the Northern Taiga of Western Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2021; 14 (1): 49-61.

The article was submitted 26.04.2023; accepted for publication 10.07.2023

*About the authors:*

**Starikov Vladimir P.**, Surgut State University (1 Lenin Ave., Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, 628412, Russia), Surgut, Russia, Doctor of Biological Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0003-4849-2158, [vp\\_starikov@mail.ru](mailto:vp_starikov@mail.ru)

**Egorov Sergei V.**, Ivanovo State Agricultural Academy named after D.K. Belyaev (45 Sovetskaya Str., Ivanovo, 153012, Russia), Ivanovo, Russia, Doctor of Biological Sciences, Professor, ORCID 0000-0003-4758-1028

**Vershinin Evgeniy A.**, Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East (78 Trilissera Str., Irkutsk, 664047, Russia), Irkutsk, Russia, Candidate of Biological Sciences, Researcher, ORCID ID: 0000-0003-3322-058X

**Bernikov Kirill A.**, Surgut State University (1 Lenin Ave., Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, 628412, Russia), Surgut, Russia, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, ORCID ID: 0000-0001-9577-8760

*Contribution of co-authors:*

**Starikov Vladimir P.** – material collection, literature design of material.

**Egorov Sergei V.** – flea differentiation to species.

**Vershinin Evgeniy A.** – flea differentiation to species.

**Bernikov Kirill A.** – material collection, article design.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 619:616.995.132:639.127

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-331-339>

## Смешанная инвазия кур в Котайкской области Республики Армения

Ануш Рафиковна Акопян<sup>1</sup>, Олег Валерьевич Щербаков<sup>2</sup>,  
Валерий Володяевич Григорян<sup>3</sup>, Спартак Ваанович Ерибекян<sup>4</sup>,  
Мануш Арменовна Мовсисян<sup>5</sup>, Лиана Гайковна Григорян<sup>6</sup>

<sup>1,3,6</sup> Национальный аграрный университет Армении, Ереван, Армения

<sup>2</sup> Научный центр зоологии и гидроэкологии Национальной академии наук Республики Армения, Ереван, Армения

<sup>1</sup> akobian.anush@yandex.ru

<sup>2</sup> oleg1vet@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7533-1670>

<sup>3</sup> grigoryanvgv@mail.ru

<sup>4</sup> eribeks@yandex.ru

<sup>5</sup> movsisyan.manush@bk.ru

<sup>6</sup> lianagrigroryan7878@mail.ru

### Аннотация

**Цель исследований** – изучение паразитарных ассоциаций кур в мелких подворных хозяйствах Котайкской области и анализ обуславливающих их факторов.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2021–2022 гг. в подсобных и фермерских птицеводческих хозяйствах Котайкской области. Материалом для исследования служили образцы помета. Исследования проб помета птиц проводили в лаборатории Исследовательского центра ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы Национального аграрного университета Армении. Было изучено 210 проб помета. Обнаружение ооцист эймерий и яиц нематод в пробах помета проводили флотационным методом Дарлинга. Полученные данные подвергли статистической обработке.

**Результаты и обсуждение.** Установлено широкое распространение эймериоза у кур в Котайкской области (52,86%). У кур обнаружены три вида эймерий: *Eimeria acervulina*, *E. tenella*, *E. necatrix*. Наиболее распространен вид *E. acervulina* (34,29%). Наиболее высокую экстенсивность инвазии регистрировали в регионах Наири и Котайк. Вышеуказанные виды эймерий встречались в виде как моно-, так и полиинвазий с различными комбинациями. Чаще всего встречалась комбинация *E. acervulina* + *E. tenella*. Эймериоз кур протекал в виде смешанной инвазии с аскаридозом, гетеракидозом и капилляриозом. Наиболее высокую экстенсивность инвазии кур нематодами отмечали в Котайкском и Разданском регионах (по 65,71%). Географическое расположение и природно-климатические особенности области способствуют распространению у кур смешанной инвазии.

**Ключевые слова:** смешанная инвазия, куры, *Eimeria acervulina*, *Eimeria tenella*, *Eimeria necatrix*, *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, Армения

**Благодарность.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке РА в рамках исследовательского проекта 21Т-4А007. Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории паразитологии Исследовательского центра ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы Национального аграрного университета Армении.

**Прозрачность финансовой деятельности:** в представленных материалах или методах авторы не имеют финансовой заинтересованности.

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Для цитирования:** Акопян А. Р., Щербаков О. В., Григорян В. В., Ерибекян С. В., Мовсисян М. А., Григорян Л. Г. Смешанная инвазия кур в Котайкской области Республики Армения // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 331–339.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-331-339>

© Акопян А. Р., Щербаков О. В., Григорян В. В., Ерибекян С. В., Мовсисян М. А., Григорян Л. Г., 2023



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



Original article

## Chicken mixed infection in Kotayk region of the Republic of Armenia

Anush R. Hakobyan<sup>1</sup>, Oleg V. Shcherbakov<sup>2</sup>, Valery V. Grigoryan<sup>3</sup>, Spartak V. Yeribekyan<sup>4</sup>, Manush A. Movsisyan<sup>5</sup>, Liana H. Grigoryan<sup>6</sup>

<sup>1,3-6</sup>Armenian National Agrarian University, Yerevan, Armenia

<sup>2</sup>Scientific Center of Zoology and Hydroecology, National Academy of Science of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia

<sup>1</sup>akobian.anush@yandex.ru

<sup>2</sup>oleg1vet@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7533-1670>

<sup>3</sup>grigoryanvgv@mail.ru

<sup>4</sup>eribeks@yandex.ru

<sup>5</sup>movsisyan.manush@bk.ru

<sup>6</sup>lianagrigoryan7878@mail.ru

### Abstract

**The purpose of the research** is study of chicken parasitic associations in small farms of Kotayk region, and analysis of the determined factors.

**Materials and methods.** Research was conducted in 2021 to 2022 in small poultry farms of Kotayk Marz. Poultry feces samples were examined at the Laboratory of Parasitology of the Research Center of Veterinary Medicine and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University. Totally 210 fecal samples were examined. *Eimeria* spp. oocysts and nematode eggs were detected by means of method after Darling. The results of the research were processed by statistical methods.

**Results and discussion.** Results of the research have shown that poultry eimeriasis had a wide prevalence in Kotayk Region (52.86%). Three species of *Eimeria* spp. have been detected: *E. acervulina*, *E. tenella*, and *E. necatrix*. *E. acervulina* was the most prevalence species (34.29%). The highest intensity of the infection has been registered in Nairi and Kotayk Regions of the region. The above-mentioned species of *Eimeria* spp. have been occurred both in mono- and poly-infection, with various combinations of the species. *E. acervulina* + *E. tenella* combination was the most common. Poultry eimeriasis occurred as a mixed-infection with ascaridiasis, heterakiasis, and capillariasis. The highest extensiveness of the poultry infection has been registered in Kotayk and Hrazdan Regions of the region (65.71% in both cases). Geographical location, as well as natural and climatic conditions of the region promote the prevalence of the mixed infection of poultry.

**Keywords:** mixed infection, poultry, *Eimeria acervulina*, *Eimeria tenella*, *Eimeria necatrix*, *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, Armenia

**Aknwoledgement.** The study was conducted with financial support from the State Committee of Science of the Republic of Armenia within Scientific Project No 21T-4A007. The authors are grateful to the staff of the Laboratory of Parasitology of the Research Center of Veterinary Medicine and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University.

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Hakobyan A. R., Shcherbakov O. V., Grigoryan V. V., Yeribekyan S. V., Movsisyan M. A., Grigoryan L. H. Chicken mixed infection in Kotayk region of the Republic of Armenia. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):331–339. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-331-339>

© Hakobyan A. R., Shcherbakov O. V., Grigoryan V. V., Yeribekyan S. V., Movsisyan M. A., Grigoryan L. H., 2023

## Введение

В птицеводстве высокая рентабельность и экономическая эффективность производства часто нивелируются множеством проблем, связанных с заболеваниями птиц, среди которых особое место занимают инвазионные болезни, причиняющие значительный экономический ущерб.

В литературе имеется множество публикаций, касающихся совершенствования методов профилактики и лечения болезней птиц, однако эпизоотическая ситуация по инвазионным болезням птиц все еще остается напряженной во всем мире. Особенно актуальна данная проблема для мелких птицеводческих хозяйств. В частности, проблема эймериозов птиц во многом осложняется наличием смешанной инвазии – ассоциацией с гельминтозами [5, 7, 10].

Наличие в организме животного одновременно нескольких видов паразитов является научно доказанным фактом, при этом паразиты могут образовывать разные формы сосуществования в организме хозяина. Тесные взаимосвязи между паразитами, выражающиеся в индифферентной, антагонистической либо синергической формах, существенно влияют как на процессы их развития, так и на патогенетические свойства отдельно взятых паразитов. В организме птиц каждый вид паразита находится на определенной экологической ступени, причиняя существенный вред здоровью своего хозяина [6, 9].

Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований было изучение паразитарных ассоциаций кур в мелких подворных хозяйствах Котайкской области и анализ обуславливающих их факторы.

## Материалы и методы

Исследования проводили с 2021 по 2022 гг. в подсобных и фермерских птицеводческих хозяйствах Котайкской области. В исследованных хозяйствах практиковалось напольное содержание птиц. Исследованиями были охвачены большинство общин вышеуказанной области.

Исследования проб помета птиц в возрасте от 6 месяцев до 2–3 лет проводили в лаборатории Исследовательского центра ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы Национального аграрного университета Армении. Было изучено 210 проб помета, взятых

из подсобных и фермерских птицеводческих хозяйств. Обнаружение ооцист эймерий и яиц нематод в образцах помета проводили флотационным методом Дарлинга [1].

Интенсивность инвазии определяли путем подсчета числа яиц нематод и ооцист эймерий в 1 г помета с помощью счетной камеры Акбаева, предварительно обрабатывая пробы помета в растворе детергента.

С целью определения видов эймерий пробы помета инкубировали в термостате в течение 4–5 сут при температуре 18–22 °С. Дифференциацию видового состава эймерий проводили с помощью определителя патогенных простейших [3].

Результаты исследований обработаны с помощью критериев Фишера и хи-квадрат, с использованием онлайн-калькулятора "Vassarstats.net" [8].

## Результаты

В ходе исследовательских работ в Котайкской области у кур было обнаружено три вида эймерий: *Eimeria acervulina*, *E. necatrix* и *E. tenella*. Проведенные исследования способствовали выявлению протекающих в ассоциации с эймериозом нематодозов кур – аскаридиоза, гетеракидоза и капилляриоза. При этом как видовой состав эймерий, так и их ассоциации с вышеназванными нематодами, различались в разных общинах области.

В Котайкской области эймериоз кур широко распространен и характеризуется достаточно высокой экстенсивностью инвазии (52,86%, табл. 1). Вид *Eimeria acervulina*, который был обнаружен во всех регионах области, является доминирующим (34,29%). *E. tenella* была обнаружена преимущественно в пробах, взятых из хозяйств, расположенных в низинных регионах области; суммарная экстенсивность инвазии составила 29,2%. *E. necatrix* находили преимущественно в регионе Наири, хотя достаточно часто регистрировали также в регионах Котайк и Раздан. Суммарная экстенсивность инвазии составила 16,67%. Разница в зараженности кур различными видами эймерий статистически достоверна (критерий хи-квадрат равен 19,9;  $P < 0,05$ ). Разница в зараженности кур эймериями в различных регионах области по критериям хи-квадрат и Фишера статистически недостоверна (критерий хи-квадрат равен 1,49;  $P > 0,05$ ).

Все вышеуказанные виды эймерий обнаруживали в форме как моно-, так и полиинвазии с различной видовой ассоциацией: *E. tenella* + *E. acervulina*, *E. tenella* + *E. necatrix*, *E. necatrix* + *E. acervulina*, *E. tenella* + *E. necatrix*

+ *E. acervulina*. Наиболее частая форма смешанной эймериозной инвазии – *E. tenella* + *E. acervulina*.

Показатели зараженности кур Котайкской области эймериями приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 [Table 1]

Распространенность эймерий у кур в Котайкской области  
[Prevalence of the chicken Eimeria in Kotayk region]

Регион [Region]	Число исследованных проб [Number of samples examined]	Число зараженных проб [Number of contaminated samples]	Экстенсивность инвазии, % [Extensiveness of infection, %]	Число зараженных проб по отдельным видам эймерий и зараженность (%) [The number of infected samples for individual types of Eimeria spp. and infection (%)]		
				<i>Eimeria acervulina</i>	<i>Eimeria necatrix</i>	<i>Eimeria tenella</i>
Наири	70	41	58,57	21 (30,0)	15 (21,43)	23 (32,86)
Котайк	70	36	51,43	25 (35,7)	10 (14,29)	12 (17,14)
Раздан	70	34	48,57	26 (37,14)	10 (14,29)	5 (8,57)
Всего [Total]	210	111	52,86	72 (34,29)	35 (16,67)	43 (29,2)

Таблица 2 [Table 2]

Интенсивность эймериозной инвазии кур в Котайкской области  
[Intensity of the chicken Eimeria infection in Kotayk region]

Регион [Region]	Число исследованных проб [Number of samples examined]	Число зараженных проб [Number of contaminated samples]	Суммарная интенсивность инвазии (ооцист/г) [Total intensity of infection (oocysts/g)], M±m	Интенсивность инвазии отдельными видами эймерий (ооцист/г) [Intensity of infection by individual species of Eimeria (oocysts/g)], M±m		
				<i>Eimeria acervulina</i>	<i>Eimeria necatrix</i>	<i>Eimeria tenella</i>
Наири	70	41	2373±68,17*	2281±66,05*	3113±52,43*	1974±53,06*
Котайк	70	36	1477±52,08*	1748±48,35*	1160±56,17*	1175±42,86
Раздан	70	34	2678±113,5*	2923±40,88*	2970±59,72*	820±37,42
Всего [Total]	210	111	2171±60,47	2328±65,58*	2514±150,6*	1590±80,53*

Примечание. [Note]. \* -  $P < 0,05$

Показатели зараженности кур в Котайкской области нематодами приведены в таблицах 3 и 4.

Как видно из таблиц, зараженность кур нематодами в Котайкской области составила 56,67%. Достаточно высок также показатель суммарной интенсивности нематодной инвазии (1703±83,22 яиц/г). Доминирующей была нематода *Ascaridia galli* Schrank, 1788 (экстенсивность инвазии 36,19%, средняя интенсивность 2849±44,46 яиц/г). На втором месте по распространенности нематода *Capillaria obsignata* Madsen, 1945 (у 28,57% кур при средней интенсивности инвазии 880±75,9 яиц/г). Наименее распространенный вид нематод у кур Котайкской области – *Heterakis gallinarum* Schrank, 1788 (экстенсивность инвазии 16,67% при средней интенсивности 731±29,73 яиц/г).

Разница в экстенсивности инвазии кур различными видами нематод по критериям хи-квадрат и Фишера статистически достоверна (критерий хи-квадрат равен 20,56;  $P < 0,05$ ). Разница в зараженности кур нематодами в различных регионах области по критериям хи-квадрат и Фишера статистически достоверна (критерий хи-квадрат равен 14,0;  $P < 0,05$ ).

Разница в интенсивности инвазии кур отдельными видами нематод по критерию Стьюдента статистически достоверна ( $P < 0,05$ ), тогда как разница в интенсивности инвазии в отдельных регионах статистически недостоверна ( $P > 0,05$ ).

Обнаруженные нами ассоциации нематод и эймерий приведены в таблице 5.

Таблица 3 [Table 3]

Распространенность нематод кур в Котайкской области  
[Prevalence of the chicken Nematoda in Kotayk region]

Регион [Region]	Число исследованных проб [Number of samples examined]	Число зараженных проб [Number of contaminated samples]	Экстенсивность инвазии, % [Extensiveness of infection, %]	Количество зараженных образцов по отдельным видам нематод и зараженность (%) [Number of infected samples by individual nematode species and infection (%)]		
				<i>Ascaridia galli</i>	<i>Heterakis gallinarum</i>	<i>Capillaria obsignata</i>
Наири	70	27	38,57	19 (27,4)	13 (18,57)	11 (15,71)
Котайк	70	46	65,71	30 (42,86)	13 (18,57)	23 (32,86)
Раздан	70	46	65,71	27 (38,57)	9 (12,86)	26 (37,14)
Всего [Total]	210	119	56,67	76 (36,19)	35 (16,67)	60 (28,57)

Таблица 4 [Table 4]

Интенсивность нематодной инвазии кур в Котайкской области  
[Intensity of the chicken infection with Nematoda in Kotayk region]

Регион [Region]	Число исследованных проб [Number of samples examined]	Число зараженных проб [Number of contaminated samples]	Суммарная интенсивность инвазии (яиц/г) [Total intensity of infection (eggs/g)], M±m	Интенсивность инвазии отдельными видами нематод (яиц/г) [Intensity of infection by individual types of nematodes (eggs/g)], M±m		
				<i>Ascaridia galli</i>	<i>Heterakis gallinarum</i>	<i>Capillaria obsignata</i>
Наири	70	27	1812±130,3	2711±51,81*	1331±55,91*	827,3±48,79*
Котайк	70	46	1768±154,7	3097±63,33*	815,4±63,9*	573,9±43,2*
Раздан	70	46	1542±128,7	2633±62,02*	322,2±57,2*	830,8±39,13*
Всего [Total]	210	119	1703±83,22	2849±44,46*	880±75,9*	731±29,73*

Примечание. [Note]. \* - P < 0,05

Таблица 5 [Table 5]

Паразитарные ассоциации у кур в Котайкской области  
[Parasitic associations in chickens in Kotayk region]

Ассоциация [Association]	Число проб [Number of samples]	Распространенность, % [Prevalence, %]
1	2	3
<i>E. acervulina</i> + <i>E. tenella</i>	10	4,76
<i>E. acervulina</i> + <i>E. necatrix</i>	6	2,86
<i>E. tenella</i> + <i>E. necatrix</i>	7	3,33
<i>E. acervulina</i> + <i>E. tenella</i> + <i>E. necatrix</i>	4	1,90
<i>A. galli</i> + <i>E. tenella</i>	5	2,38
<i>A. galli</i> + <i>E. necatrix</i>	4	1,90
<i>A. galli</i> + <i>E. acervulina</i>	9	4,29
<i>C. obsignata</i> + <i>E. acervulina</i>	15	7,14
<i>C. obsignata</i> + <i>E. tenella</i>	1	0,48
<i>C. obsignata</i> + <i>E. necatrix</i>	3	1,43
<i>C. obsignata</i> + <i>E. acervulina</i> + <i>E. necatrix</i>	1	0,48
<i>C. obsignata</i> + <i>H. gallinarum</i>	1	0,48
<i>C. obsignata</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. necatrix</i>	1	0,48
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i>	12	5,71

Окончание таблицы 3 [End of table 3]

1	2	3
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i> + <i>E. tenella</i>	2	0,95
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i> + <i>E. necatrix</i>	1	0,48
<i>A. galli</i> + <i>H. gallinarum</i>	10	4,76
<i>A. galli</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. acervulina</i>	5	2,38
<i>A. galli</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. tenella</i>	3	1,43
<i>A. galli</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. nectarix</i>	1	0,48
<i>A. galli</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>C. obsignata</i>	4	1,90
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. acervulina</i>	1	0,48
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. tenella</i>	1	0,48
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. acervulina</i> + <i>E. necatrix</i>	1	0,48
<i>A. galli</i> + <i>C. obsignata</i> + <i>H. gallinarum</i> + <i>E. acervulina</i> + <i>E. tenella</i> + <i>E. necatrix</i>	2	0,95
Итого куры с паразитарными ассоциациями [Total chickens with parasitic associations]	110	52,38

### Обсуждение

Как видно из данных, приведенных в таблицах 1 и 2, из 210 обследованных проб помета зараженными эймериями оказались 111 (зараженность 52,86%), нематодами – 119 (56,67%), из чего можно сделать вывод, что зараженность кур нематодами и эймериями практически одинакова ( $P > 0,05$ ; разница по критериям Фишера и хи-квадрат статистически недостоверна).

Нами также были проведены параллели между результатами исследований и климатическими особенностями области. В специальной литературе есть многочисленные данные, свидетельствующие о том, что зараженность кур вышеуказанными патогенами в разных природно-климатических регионах Армении непостоянна и обусловлена такими факторами окружающей среды, как температура и относительная влажность воздуха, а также количество атмосферных осадков [4].

Котайкская область характеризуется многообразием ландшафтных зон – от полупустынной до горно-степной, и климатических поясов – от сухого континентального до холодного горного. Годовое количество атмосферных осадков колеблется в пределах 400–970 мм. Равнинная зона области – регион Наири – характеризуется сухим континентальным климатом.

Климат Котайкского региона двух типов – умеренно континентальный и сухой, умеренно жаркий. Разданский регион характеризуется умеренным горным климатом. Для высокогорий Котайкского и Разданского регионов характерен холодный горный климат.

Как видно из табл. 1, самую высокую экстенсивность инвазии кур эймериями, 58,57%, регистрировали в регионе Наири с относительно прохладным летом и мягкой, умеренно влажной, зимой, что способствует сохранению жизнеспособности и дальнейшему распространению в окружающей среде как ооцист эймерий, так и яиц нематод. Схожие климатические условия наблюдаются и в Котайкском регионе, где экстенсивность инвазии эймериями достигает 51,43%. Самый низкий показатель экстенсивности инвазии при эймериозах (48,57%) регистрировали в Разданском регионе, характеризующемся дождливым весенним и морозным зимним сезонами. Примыкающие к населенным пунктам лесные массивы Котайкского и Разданского регионов характеризуются богатым видовым составом птиц. Дикие и синантропные птицы, зараженные нематодами, являются источниками инвазии для домашних куриных, способствуя появлению свежих эпизоотических очагов и под-

держивая непрерывность эпизоотической цепи при нематодозах кур [1]. Кроме того, влажные почвы Котайкского и Разданского регионов богаты дождевыми червями, являющимися резервуарами яиц и личинок нематод [2]. Наличие способствующих распространению инвазий факторов внешней среды обуславливает интенсивность эпизоотического процесса и высокие показатели зараженности кур нематодами в Котайкском и Разданском регионах области (65,71 % в обоих регионах).

### Заключение

Результаты исследований, проведенных в 2021–2022 гг. в Котайкской области Республики Армения, свидетельствуют о том, что эймериоз кур является широко распространенным в области заболеванием, протекающим с достаточно высокой экстенсивностью инвазии (52,86%). У кур были обнаружены три вида эймерий: *Eimeria acervulina*, *E. tenella*, *E. necatrix*. Наиболее распространен вид *E. acervulina* (34,29%). Наиболее высокую экстенсивность инвазии регистрировали в регионах Наири и Котайк. Вышеуказанные виды эймерий встречались в виде как моно-, так и полиинвазий с различными комбинациями видов. Чаще всего встречалась комбинация *E. acervulina* + *E. tenella*.

Эймериоз кур протекал в виде смешанной инвазии с аскаридозом, гетеракидозом и капилляриозом. Смешанная инвазия эймерии + нематоды проявлялась в следующих комбинациях: аскаридоз + гетеракидоз + эймериоз; аскаридоз + капилляриоз + эймериоз; аскаридоз + эймериоз; капилляриоз + эймериоз. Наиболее высокая экстенсивность инвазии кур нематодами регистрировалась в Котайкском и Разданском регионах (по 65,71%).

На основании результатов исследований можно утверждать, что географическое расположение и природно-климатические осо-

бенности области способствуют распространению у кур смешанной инвазии.

### Список источников

1. *Богач М. В., Склярчук В. Г., Манько О. Г., Данилейко Ю. М.* Экология паразитарных хвороб домашньої птиці: Навчальний посібник. Одеса: Освіта України, 2013. 288 с.
2. *Гурченко Р. Н.* Продолжительность жизни личинок куриной аскаридии в дождевых червях // Бюллетень Всес. ин-та гельминтол. 1970. Вып. 4. С. 33-34.
3. *Крылов М. В.* Определитель паразитических простейших. С-Пб.: Наука, 1996. 601 с.
4. *Мовсесян С. О., Ахумян К. С., Чубарян Ф. А.* Гельминты и гельминтозы домашних птиц Армении. Ереван: Издательство АН АрмССР, 1981. 258 с.
5. *Никитин В. Ф.* Биолого-эпизоотологические особенности криптоспориоза домашних птиц и его профилактика // Российский паразитологический журнал. 2007. № 1. С. 87-97.
6. *Павловский Е. Н.* Теория паразитоценозов и паразитарные болезни // Тезисы докладов 8-го совещания по паразитологическим проблемам. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1955. С. 67-71.
7. *Chapman H. D.* Landmark contributions to poultry science – prophylactic control of coccidiosis in poultry. *Poultry Sci.* 2009; 88 (4): 813-815. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00316>.
8. Fisher 2x3 ([vassarstats.net](http://vassarstats.net))
9. *Kumar S., Garg R., Ram H., Maurya P. S., Banerjee P. S.* Gastrointestinal parasitic infections in chickens of upper gangetic plains of India with special reference to poultry coccidiosis. *J Parasit Dis.* 2015; 39 (1): 22-26. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0273-x>.
10. *Terra M. T. B., Pacheco W. J., Harrison M., McCrea B. A., Hauck R.* A Survey of Coccidia and nematodes in pastured poultry in the State of Georgia. *Avian Diseases.* 2021; 65 (2): 250-256. <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-20-00120>.

Статья поступила в редакцию 16.03.2023; принята к публикации 10.08.2023

Об авторах:

**Акопян Ануш Рафиковна**, исследовательский центр ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Национальный аграрный университет Армении (Армения, г. Ереван, 0009, ул. Теряна, 74), г. Ереван, Армения, [akopian.anush@yandex.ru](mailto:akopian.anush@yandex.ru)

**Щербаков Олег Валерьевич**, исследовательский центр ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Национальный аграрный университет Армении (Армения, г. Ереван, 0009, ул. Теряна, 74); лаборатория молекулярной паразитологии, научный центр зоологии и гидроэкологии Национальной академии наук Республики Армения (Армения, г. Ереван, 0014, ул. П. Севака, 7), ORCID ID: 0000-0001-7533-1670, [oleg1vet@yandex.ru](mailto:oleg1vet@yandex.ru)

**Григорян Валерий Володяевич**, исследовательский центр ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы, национальный аграрный университет Армении (Армения, г. Ереван, 0009, ул. Теряна, 74), г. Ереван, Армения, grigoryanvg@mail.ru

**Ерибекян Спартак Ваанович**, исследовательский центр ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы, национальный аграрный университет Армении (Армения, г. Ереван, 0009, ул. Теряна, 74), г. Ереван, Армения, eribeks@yandex.ru

**Мовсисян Мануш Арменовна**, исследовательский центр ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы, национальный аграрный университет Армении (Армения, г. Ереван, 0009, ул. Теряна, 74), г. Ереван, Армения, movsisyan.manush@bk.ru

**Григорян Лиана Гайковна**, исследовательский центр ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы, национальный аграрный университет Армении (Армения, г. Ереван, 0009, ул. Теряна, 74), г. Ереван, Армения, lianagrigoryan7878@mail.ru

*Вклад соавторов:*

**Акопян Ануш Рафиковна** – исследование материала, анализ литературы, подготовка рукописи.

**Щербаков Олег Валерьевич** – анализ литературы, статистическая обработка результатов исследования, оформление статьи.

**Григорян Валерий Володяевич** – сбор и исследование материала, анализ литературы, подготовка рукописи.

**Ерибекян Спартак Ваанович** – сбор и исследование материала, подготовка рукописи.

**Мовсисян Мануш Арменовна** – сбор и исследование материала.

**Григорян Лиана Гайковна** – сбор и исследование материала, анализ литературы, подготовка рукописи.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

- Bogach M. V., Sklyaruk V. G., Manko O. G., Danileyko Yu. M. Ecology of parasitic diseases of the domestic poultry: Manual. Odessa: Osvita Ukrayiny, 2013; 1-288 (In Ukr.).
- Gurchenko R. N. Life expectancy of the chicken *Ascaridia* larvae in earthworms. *Bulletin of VIGIS = All-Soviet Institute of Helminthology after Skryabin*. 1970; 4: 33-34 (In Russ.).
- Krylov M. V. Крылов М. В. Identification key for parasitic Protozoa. SPb: Nauka, 1996; 1-601 (In Russ.).
- Movsisyan S. O., Hakhumyan K. S., Chubaryan F. H. Helminthes and helminthiases of the domestic poultry of Armenia. Yerevan: Academy of Sciences of Armenian SSR, 1981; 1-258 (In Russ.).
- Nikitin V. F. Biology-epizootology features of cryptosporidiosis of domestic animals and prophylaxis. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2007; 1: 87-97 (In Russ.).
- Pavlovskiy Ye. N. Theory of parasitocenoses and parasitic diseases. *Proceedings for 8<sup>th</sup> symposium on parasitological problems*. L: Zoological Institute of Academy of Sciences of the USSR, 1955; 67-71 (In Russ.).
- Chapman H. D. Landmark contributions to poultry science – prophylactic control of coccidiosis in poultry. *Poultry Sci*. 2009; 88 (4): 813-815. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00316>.
- Fisher 2x3 (vassarstats.net)
- Kumar S., Garg R., Ram H., Maurya P. S., Banerjee P. S. Gastrointestinal parasitic infections in chickens of upper gangetic plains of India with special reference to poultry coccidiosis. *J Parasit Dis*. 2015; 39 (1): 22-26. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0273-x>.
- Terra M. T. B., Pacheco W. J., Harrison M., McCrea B. A., Hauck R. A Survey of *Coccidia* and nematodes in pastured poultry in the State of Georgia. *Avian Diseases*. 2021; 65 (2): 250-256. <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-20-00120>.

The article was submitted 16.03.2023; accepted for publication 10.08.2023

*About the authors:*

**Hakobyan Anush R.**, Research Center of Veterinary and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University 74 (Teryan st., 0009, Yerevan, Armenia), akobian.anush@yandex.ru

**Shcherbakov Oleg V.**, Research Center of Veterinary and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University (74 Teryan st., 0009, Yerevan, Armenia), Laboratory of Molecular Parasitology, Scientific Center of Zoology and Hydroecology, National Academy of Science of the Republic of Armenia (7 P. Sevak st., 0014, Yerevan, Armenia), ORCID ID: 0000-0001-7533-1670; oleg1vet@yandex.ru

**Grigoryan Valery V.**, Research Center of Veterinary and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University (74 Teryan st., 0009, Yerevan, Armenia), grigoryanvgv@mail.ru

**Yeribekyan Spartak V.**, Research Center of Veterinary and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University (74 Teryan st., 0009, Yerevan, Armenia), eribeks@yandex.ru

**Movsisyan Manush A.**, Research Center of Veterinary and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University (74 Teryan st., 0009, Yerevan, Armenia), movsisyan.manush@bk.ru

**Grigoryan Liana H.**, Research Center of Veterinary and Veterinary Sanitary Expertise, Armenian National Agrarian University (74 Teryan st., 0009, Yerevan, Armenia), lianagrigoryan7878@mail.ru

*Contribution of co-authors:*

**Hakobyan Anush R.** – research of material, analysis of literature, manuscript preparation.

**Shcherbakov Oleg V.** – analysis of literature, statistical processing of results of the research, design of the article.

**Grigoryan Valery V.** – collection and research of material, analysis of literature, manuscript preparation.

**Yeribekyan Spartak V.** – collection and research of material, manuscript preparation.

**Movsisyan Manush A.** – collection and research of material.

**Grigoryan Liana H.** – collection and research of material, analysis of literature, manuscript preparation.

*All authors have read and approved the final manuscript.*



Научная статья

УДК 576.89:597

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-340-351>

## Комплексная оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях Волги

Елена Александровна Воронина<sup>1</sup>, Светлана Александровна Дьякова<sup>2</sup>,  
Ольга Владимировна Попова<sup>3</sup>, Эльвира Сруровна Попова<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Волжско-Каспийский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО» (КаспНИРХ)), Астрахань, Россия

<sup>1</sup> Voroninaea7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1188-2358>

<sup>2</sup> djakova.s.a@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9970-403X>

<sup>3</sup> popovaov53@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8982-3158>

<sup>4</sup> Elvira\_popova\_2020@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3812-6773>

### Аннотация

**Цель исследований** – оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях реки Волги по паразитологическим, микробиологическим, токсикологическим и биохимическим показателям, а также определение взаимосвязи между ними в период нереста.

**Материалы и методы.** Объектом исследований служила проходная сельдь-черноспинка, выловленная с помощью речного закидного невода. Отбор проб для комплексных исследований от 15 экз. сельди-черноспинки осуществляли в период нерестовой миграции в 2017 г. Рыбу изучали методом неполного паразитологического вскрытия (класс простейших не исследовали). Сбор, вскрытие рыбы и камеральную обработку осуществляли по методике Быховской-Павловской. Микробиологические исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Видовую идентификацию выявленных гельминтов и микроорганизмов осуществляли по стандартным определителям. Токсикологические исследования включали определение содержания свинца, кадмия, ртути, нефтяных углеводородов в мышечной ткани исследуемых экземпляров сельди методом атомной абсорбции. В мышцах рыб исследовали число общих липидов по методу Цольнера и водорастворимого белка спектрометрическим методом Варбурга и Христьяна. Коэффициент упитанности определяли по методу Фультона. Полученные результаты обрабатывали статистически.

**Результаты и обсуждение.** Результаты комплексных исследований промыслового вида проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) показали, что паразитофауна рыб отличалась бедным видовым составом на фоне качественного биоразнообразия микробиоты. Заражение сельди-черноспинки протекало на уровне бессимптомного носительства, что указывало на сбалансированные отношения паразитов и хозяина. Уровни накопления токсикантов в организме сельди были близки к характерным значениям для рыб Волго-Каспийского бассейна. В среднем, уровень запаса энергетических ресурсов у обследованных рыб по отношению к предыдущему периоду исследований имел положительную динамику. Результаты исследования состояния сельди-черноспинки в нерестовый период показали взаимосвязь паразитологических, микробиологических, токсикологических и биохимических показателей, комплексно влияющих на общее физиологическое состояние обследованной рыбы.

**Ключевые слова:** проходная сельдь-черноспинка, паразитофауна, токсиканты, нефтеуглеводороды

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории молекулярной генетики и физиологии за предоставленные биохимические данные.

**Прозрачность финансовой деятельности:** в представленных материалах или методах авторы не имеют финансовой заинтересованности.

**Конфликт интересов отсутствует.**



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

**Для цитирования:** Воронина Е. А., Дьякова С. А., Попова О. В., Попова Э. В. Комплексная оценка состояния проходной сельди-черноспинки (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) в низовьях Волги // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 340–351.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-340-351>

© Воронина Е. А., Дьякова С. А., Попова О. В., Попова Э. В., 2023

Original article

## Comprehensive condition assessment of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) in the Lower Volga

Elena A. Voronina<sup>1</sup>, Svetlana A. Dyakova<sup>2</sup>, Olga V. Popova<sup>3</sup>, Elvira S. Popova<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Volga-Caspian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography" (VNIRO (CaspNIRH)), Astrakhan, Russia

<sup>1</sup>Voroninaea7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1188-2358>

<sup>2</sup>djakova.s.a@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9970-403X>

<sup>3</sup>popovaov53@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8982-3158>

<sup>4</sup>Elvira\_popova\_2020@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3812-6773>

### Abstract

**The purpose of the research** is to assess the condition of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) in the Lower Volga according to parasitological, microbiological, toxicological, and biochemical parameters, and to determine the correlation between the above during the spawning.

**Materials and methods.** The research object was the black-backed sea shad caught with a river shore seine. Sampling for comprehensive studies was performed from 15 black-backed sea shads during the spawning migration in 2017. The fish were studied by the method of partial parasitological dissection (the protozoa class was not studied). The fish were collected and dissected, and cameral treatment was performed per Bykhovskaya-Pavlovskaya method. Microbiological studies were conducted by common methods. Species identification of identified helminths and microorganisms was performed according to standard identification guides. Toxicological studies included the determination of lead, cadmium, mercury, and petroleum hydrocarbons in the muscle tissue of the studied shad specimens by atomic absorption. In fish muscles, we studied the number of total lipids by the Zollner method, and water-soluble protein by the spectrometric Warburg-Christian method. The Fulton's condition factor was used for fatness determination. The obtained results were processed statistically.

**Results and discussion.** The results of the comprehensive studies of commercial species of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) showed that the parasite fauna of fish was distinguished by a poor species composition as contracted with a qualitative microbiota biodiversity. Infection of the black-backed sea shad proceeded at the asymptomatic carrier level, which indicated a balanced relationship between parasites and the host. The levels of accumulated toxicants in shads were close to the characteristic values for fish in the Volga-Caspian basin. On average, the stock of energy resources in the studied fish had a positive trend in relation to the previous research period. The study results of the black-backed sea shad during the spawning showed the correlation of parasitological, microbiological, toxicological, and biochemical parameters that comprehensively affect the general physiological state of the studied fish.

**Keywords:** the black-backed sea shad, parasite fauna, toxicants, petroleum hydrocarbons

**Acknowledgements.** The authors are grateful to the Molecular Genetics and Physiology Laboratory staff for providing biochemical data.

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Voronina E. A., Dyakova S. A., Popova O. V., Popova E. S. Comprehensive assessment of the state of the black-backed sea shad (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) in the Lower Volga. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):340–351. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-340-351>

© Voronina E. A., Dyakova S. A., Popova O. V., Popova E. S., 2023

## Введение

Проходная сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887) – эндемик бассейна Каспийского моря, где встречается повсеместно, но держится преимущественно у западных берегов. Плодовитость у черноспинки самая высокая среди сельдей рода *Alosa*. В прошлом, кесслеровская сельдь поднималась на нерест высоко по Волге до Камы, Вятки и Оки, то есть на 2000 км от устьев. После постройки плотины Волгоградской ГЭС нерестовые площади сократились в 4 раза, и ограничили ареалом Астраханской области (село Чёрный и Светлый Яр).

В связи с сокращением расстояния до мест нереста, в настоящее время сельдь скатывается в море на стадии личинки, что приводит к повышенной ее гибели [3, 21]. Резкое сокращение численности сельди-черноспинки в начале XXI века привело к низким уловам этого проходного вида и потере промыслового значения. Под воздействием антропогенных и экологических факторов, запасы сельди-черноспинки снизились, уловы достигли своего критического минимума (2002 г. – 0,067 т).

Лишь с 2010 г. число производителей сельди-черноспинки постепенно стало увеличиваться. Однако, наблюдается снижение биологических показателей (длины, массы) в нерестовой части популяции сельди-черноспинки, обусловленное неблагоприятными условиями нагула в море, состоянием кормовой базы и возможно селективным отловом более крупных производителей на местах нагула [4].

Несмотря на значительное сокращение запасов, и районов воспроизводства, сельдь-черноспинка остается ценным объектом промысла Волго-Каспийского бассейна. Изучение данного вида было не достаточным. Исследования касались, в основном, ихтиологических параметров, были фрагментарными и не учитывали микробиологические, токсикологические, паразитологические параметры.

Ранее для всех сельдевых рыб Каспийского моря описано 27 видов паразитов [7]. Более полные данные приведены в работах В. В. Водовской [3]. Целостных исследований паразитофауны сельди-черноспинки в литературных источниках не найдено; существуют разрозненные данные по отдельным видам гельминтов [6, 9].

Целью работы стала оценка состояния проходной сельди-черноспинки в период нерестовой миграции по паразитологическим, микробиологическим, токсикологическим и биохимическим показателям, а также определение взаимосвязи между ними в период нереста.

## Материалы и методы

Объектом исследований служила проходная сельдь-черноспинка, выловленная с помощью речного закидного невода на тонево-м участке «Глубокая», расположенном в верхней части Волжско-Каспийского судоходного морского канала, соединяющего главный рукав дельты р. Волги – Бахтемир и северную часть Каспийского моря. Отбор проб для паразитологических, микробиологических, биохимических и токсикологических исследований осуществляли от 15 экз. сельди-черноспинки в весенний период 2017 г. В половой структуре преобладали самки 3–4 стадии зрелости (80%). Обследованные особи были размером, в среднем,  $33,0 \pm 0,7$  см и массой тела  $424,6 \pm 14,7$  г.

Рыбу изучали методом неполного паразитологического вскрытия (класс простейших не исследовали). Для количественной характеристики популяций гельминтов использовали общепринятые показатели: экстенсивности (ЭИ) и интенсивности инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО). Сбор, вскрытие рыбы и камеральную обработку осуществляли по методике Быховской-Павловской [1].

Микробиологические исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [18]. Из микробиологических

показателей учитывали количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и их видовой состав в следующих органах и тканях: кишечник, мышцы, жабры и печень. Видовую идентификацию выявленных гельминтов и микроорганизмов осуществляли по стандартным определителям<sup>1,2,3</sup>.

Токсикологические исследования включали определение содержания свинца, кадмия, ртути, нефтяных углеводородов в мышечной ткани исследуемых экземпляров сельди методом атомной абсорбции [ФР.1.31.2007.04014, ГОСТ 34427-2018]<sup>4,5</sup>. Измерения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА-6800, анализаторе ртути РА-915М, спектрофлуориметре «Флюорат-Панорама».

В мышцах рыб исследовали число общих липидов и водорастворимого белка. Общие липиды определяли по методу Цольнера [25, 26]. Концентрацию водорастворимого белка

изучали спектрометрическим методом Варбурга и Христьяна [14]. Коэффициент упитанности определяли по методу Фультона.

Полученные результаты подвергали статистической обработке, используя программы описательной статистики (Statistica, MICROSOFT EXCEL 2010).

## Результаты и обсуждение

В исследуемый период фауна паразитов проходной сельди-черноспинки сохраняла постоянство видового состава и включала пять видов паразитических организмов различных систематических групп: *Mazocraes alosae* (Monogenoidea), *Pseudopentagramma symmetricum* (Trematoda), *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala), *Contracaecum* sp. (Nematoda), *Anisakis schupakovi* (Nematoda), которые характеризовались различной частотой встречаемости и локализацией (табл. 1).

Таблица 1 [Table 1]

Зараженность проходной сельди-черноспинки паразитами  
[Infection of anadromous blackback herring with parasites]

Паразит [Parasite]	Локализация [Localization]	ЭИ, % [EI, %]	ИИ, экз. [II, sp.]	ИО, экз. [Abundance index, sp.]
Monogenoidea				
<i>Mazocraes alosae</i>	Жабры [Gills]	80,0	10,83	8,66
Trematoda				
<i>Pseudopentagramma symmetricum</i>	Кишечник [Intestines]	80,0	35,25	28,20
Nematoda				
<i>Anisakis schupakovi</i>	Серозная оболочка кишечника, брюшная стенка [Serous membrane of the intestine, abdominal wall]	13,3	1,00	0,13
<i>Contracaecum</i> sp.	Жировая ткань [Adipose tissue]	6,7	5,00	0,33
Acanthocephala				
<i>Corynosoma strumosum</i>	Наружные стенки кишечника [Outer wall of the intestine]	13,3	1,00	0,13

Высокими количественными показателями зараженности характеризовались самки сельдей (91,7% всех паразитов). Наиболее рас-

пространенными были паразиты с прямым и сложным циклами развития (*M. alosae*, *P. symmetricum*, *C. strumosum*), из которых толь-

<sup>1</sup> Определитель паразитов пресноводных рыб СССР / под ред. Быховская-Павловская И. Е., Гусев А. В., Дубинина М. Н. и др.; под общ. рук. Быховского Б. Е. Москва – Ленинград: АН СССР, 1962. 776 с.

<sup>2</sup> Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные / под ред. Бауера О. Н. Т. 3. Л.: Наука, 1987. 583 с.

<sup>3</sup> Хоулт Д., Криг Н. Определитель бактерий Берджи. Москва: Мир, 1997. 799 с.

<sup>4</sup> ФР.1.31.2007.04014 (НДИ 05.14-2007). Методика выполнения измерений массовых долей кадмия, меди, свинца и цинка в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Ростов-на-Дону. 2007. 12 с

<sup>5</sup> ГОСТ 34427-2018 Продукты пищевые и корма для животных. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии на основе эффекта Зеемана. М.: Стандартинформ, 2018. 14 с.

ко моногении *M. alosae* характеризовались гостальной специфичностью. Остальные виды широко распространены среди представителей волжской ихтиофауны.

Максимальной степенью инвазии у сельдевых рыб характеризовались моногении – *M. alosae* и трематоды – *P. symmetricum*, численность которых была самой высокой (от двух до 46 экз. для моногений и от двух до 275 экз. для трематод). Реже встречались нематоды сем. Anisakidae и скребни *C. strumosum*, обладающие высоким эпидемиологическим потенциалом и отмечаемые у 33,3% обследованных особей при низкой интенсивности инвазии 1–5 экз. Инвазия вышеуказанными паразитами протекала на уровне бессимптомного паразитоносительства.

Санитарно-микробиологические исследования особей сельди-черноспинки показали, что максимальная численность гетеротрофных микроорганизмов отмечена в желудочно-кишечном тракте (в среднем,  $2,98 \times 10^4$  КОЕ/г), несколько меньшей обсемененностью (в среднем,  $2,85 \times 10^4$  КОЕ/г) характеризовались жабры. Общую микробную обсемененность мышечной ткани регистрировали, в среднем, на уровне  $4,10 \times 10^2$  КОЕ/г. Показатели общей микробной численности печени были невысокими и, в среднем, не превышали  $0,59 \times 10^2$  КОЕ/г.

Видовой состав микроорганизмов внутренних органов и тканей сельди-черноспинки был представлен 19 видами бактерий, относящимися к условно-патогенным и санитарно-показательным микроорганизмам: *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus xylosus*, *Streptococcus* sp., *Citrobacter* sp., *Edwardsiella* sp., *Klebsiella* sp., *Shigella* sp., *Proteus* sp., *Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp., *Aeromonas* sp., *Photobacterium* sp., *Vibrio* sp., *Flavobacterium aquatile*, *Flavobacterium odoratum*.

Среди выделенных бактерий доминировали грамположительные микроорганизмы (36,36% от числа всех изолированных культур). Данные бактерии были обнаружены во всех обследованных органах и тканях и, вероятно, составляли основу нормального бактериоценоза рыб. Вторыми по частоте встречаемости были энтеробактерии, доля которых насчитывала 27,3% всех изолятов обследованных рыб. Численность микроорганизмов сем. Enterobacteriaceae была наибольшей в кишеч-

нике (18,2%). Бактерии семейства Vibrionaceae выявлены в микробиоценозах в 15,9% случаев. Изоляты гетеротрофных микроорганизмов, относящиеся к сем. Flavobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Neisseriaceae, выделены в микроценозах практически всех внутренних органов (до 9,1% бактерий).

Диапазон концентраций свинца составлял 0,2–0,5 мг/кг сырого веса, кадмия 0,01–0,02 мг/кг, ртути 0,007–0,049 мг/кг сырого веса. Во всех образцах мышечной ткани рыб было обнаружено присутствие нефтяных компонентов (0,0031–0,0070 мг/г сырого веса).

Результаты биохимического анализа свидетельствовали, что в период нерестовой миграции у сельди-черноспинки содержание водорастворимого белка составило 33,47–135,50 мг/г, общих липидов в мышцах – 4,93–11,02%. Коэффициент упитанности обследованных особей составил 0,95–1,05 ед.

Вычисление коэффициентов по Спирмену показало достоверную положительную связь между зараженностью *A. schupakovi* и содержанием общих липидов (табл. 2), то есть у рыб с высокими показателями липидов, численность личинок была достоверно выше ( $P < 0,05$ ). Учитывая то, что нефтеуглеводороды являются липофильными компонентами, о чем свидетельствует высокий коэффициент корреляции между ними ( $r = 1,00$ ), то содержание токсикантов и численность санитарно значимых гельминтов будет выше у рыб с высоким липидным показателем (табл. 2).

Теснота связей между зараженностью другими паразитами (в том числе микроорганизмами) сельди-черноспинки и биохимическими, токсикологическими показателями была слабой. В тоже время, выявлена обратная зависимость размерно-массовых характеристик рыб от уровня зараженности паразитами; у наиболее инвазированных особей эти показатели оказались меньше. Расчет U-критерия Манна-Уитни показал, что при сравнении зараженности моногениями и упитанностью сельди-черноспинки различия между исследуемыми показателями были статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

Выявлена взаимосвязь степени упитанности и содержания нефтеуглеводородов в мышцах сельди-черноспинки в период нереста по причине тропности нефтеуглеводородов к жирам, при этом на размеры и вес рыб со-

Таблица 2 [Table 2]

Взаимосвязь между зараженностью рыб *A. schupakovi* и содержанием общих липидов ( $P < 0,05$ )  
[Correlation between fish infection with *A. schupakovi* and content of total lipids]

Параметр [Parameter]	Коэффициент корреляции, r [Correlation coefficient, r]
Общие липиды/зараженность <i>A. schupakovi</i> [Total lipids/ <i>A. schupakovi</i> infection]	0,79
Нефтеуглеводороды/зараженность <i>A. schupakovi</i> [Petroleum hydrocarbons/ <i>A. schupakovi</i> infection]	0,79
Общие липиды/Нефтеуглеводороды [Total lipids/Petroleum Hydrocarbons]	1,00
Длина/Число паразитов [Length/number of parasites]	-0,65
Масса/Число паразитов [Weight/number of parasites]	-0,79
Упитанность/Водорастворимый белок [Fatness/Water Soluble Protein]	-0,64
Упитанность/Общие липиды [Fatness/Total lipids]	0,50
Упитанность/Нефтеуглеводороды [Fatness/Petroleum hydrocarbons]	0,51
Свинец/Общие липиды [Lead/Total lipids]	-0,51
Кадмий/Общие липиды [Cadmium/Total lipids]	-0,57

держание нефтеуглеводородов не отражалось. Концентрации свинца и кадмия повышались у особей с низким липидным числом (табл. 2).

В настоящее время основной миграционной трассой сельди-черноспинки к местам размножения является Главный банк дельты Волги, по которому на нерестилища проходит до 80,0% производителей. В водотоках низовьев Волги в современный период происходит усиление органического загрязнения, в составе которого не последнюю роль играют нефтепродукты и пестициды [10].

Сельдь-черноспинка в период нереста совершает миграции из морских вод в предустьевое пространство и далее в пресные воды. Находясь большую часть времени в море, проходная сельдь подвергается заражению паразитами, относящихся преимущественно к морскому и солоноватоводному (*M. alosae*, *A. schupakovi*, *C. strumosum*, *P. symmetricum*) комплексу. Наличие паразитов у рыб не является чем-то необычным; эта биотическая связь постоянна.

Паразитофауна сельди характеризовалась слабым видовым разнообразием (5 видов). Наиболее массовыми оказались специфичные и эвриксенные паразиты, использующие сельдь как дополнительного хозяина в своем жизненном цикле, за исключением моногеней *M. alosae*. Невысокая численность моногеней, выявленная весной 2017 г., вероятно, обусловлена не только сформировавшимися неблагоприятными условиями среды обитания, сдерживающими развитие паразита, но и возрастной структурой своего хозяина. Со-

гласно литературным источникам, высокое заражение моногенями характерно для крупных особей сельдей, которых в популяции в настоящее время практически не осталось [5].

Заражение эндопаразитами у сельди-черноспинки происходит в морской зоне исключительно через рыбу, в основном планктофагов, в данном случае через каспийскую обыкновенную кильку (р. *Clupeonella*). Степень инвазии выявленными гельминтами (*P. symmetricum*, *Contracaecum* sp. larva, *C. strumosum*) у обыкновенной кильки в период исследования достигала 17,7%. При этом, в большинстве случаев они паразитировали на личиночных стадиях; исключение составляли имагинальные трематоды *P. symmetricum*. Однако, у обыкновенной кильки, которая в большей степени составляла рацион сельди, не выявлены *A. schupakovi*, а значит, в состав кормовой базы сельди входили зоопланктон и/или другие виды рыб, связанные с циклом развития этих нематод. Находки паразитов морского комплекса у черноспинки подтверждают, что в период нерестовой миграции в реку изменение солености воды не оказывало на паразитов губительного воздействия, сохраняя их жизнеспособность. Характерной особенностью анизакидных личинок была локализация их на брюшной стенке и серозной оболочке кишечника, свидетельствующая об их избирательности к местам, наиболее насыщенным липидами [20].

В целом, невысокие показатели интенсивности инвазии сельди паразитами указывало

об устойчивых отношениях в системе «паразит-хозяин». Следствием разбалансировки паразитарной системы могут быть вспышки численности паразитов, эпизоотии и даже гибель популяций отдельных свободноживущих видов, переход сообщества в новое, иногда в менее устойчивое состояние. Поэтому количественные показатели фауны паразитов в момент исследования принимаются как конечный результат взаимодействия всех компонентов окружающей среды в совокупности [23].

Оценка паразитологического статуса проходных сельдевых рыб Волго-Каспийского бассейна показывает достаточную, но однообразную обеспеченность их пищевыми ресурсами, о чем свидетельствует мало разнообразный видовой состав паразитов. В долгосрочном аспекте фауна паразитов сельдей оставалась стабильной, сохраняя «ядро» инфрасообщества. Сравнительно бедный, но постоянный состав паразитов, вероятно, является особенностью для сельдевых рыб, обусловленной их филогенетической близостью, поскольку подобная ситуация характерна и для сельдевых рыб других водоемов [27, 28].

Бактериальный фон, так же, как и паразитарный, не являлся критическим. Массовая бактериальная контаминация в кишечнике и жабрах рыб, была закономерной, поскольку условия развития микроорганизмов в данных органах наиболее благоприятные. На контаминацию жабр рыб влияла численность и видовой состав бактериопланктона, количество взвешенных в воде веществ, которые могут оседать на жаберных лепестках, наличие легкодоступного органического вещества и биогенных элементов. Контаминация мышц объяснялась рядом особенностей анатомического строения и состава тканей рыб. При этом значительная влажность тканей, нежная рыхлая структура мышечных волокон, отсутствие плотных соединительнотканых образований ускоряли процесс развития микроорганизмов и обеспечивали беспрепятственное дальнейшее их распространение. Способ проникновения микроорганизмов в паренхиму печени определен, вероятнее всего, как эндогенный, характеризующийся лишь персистенцией бактерий, что связано с ослаблением резистентности организма обследованных рыб на фоне неблагоприятного действия стрессовых факторов во время нерестовой миграции.

Распределение видового состава бактерий по внутренним органам и тканям рыб также было закономерным. Максимум видового разнообразия приходился на кишечник, при этом биоразнообразие энтеробактерий в кишечнике объяснялось принадлежностью этих бактерий к автохтонной группе микроорганизмов желудочно-кишечного тракта. Несмотря на снижение интенсивности питания рыб во время миграции на нерест, обусловившее низкие количественные показатели популяций бактерий в кишечниках рыб, сохранялось их большое видовое разнообразие, поскольку основная масса микробных ассоциаций кишечника является резидентной. Остальные выделенные бактерии (грамположительные микроорганизмы, вибрионы, аэромонады и др.) относились к транзитным микроорганизмам, чья высокая выживаемость в организме рыб обусловлена их высокой вирулентностью [11, 12, 19].

Следует отметить, что среди микроорганизмов, выделенных из внутренних органов сельди-черноспинки, встречались санитарно-показательные виды бактерий pp. *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Shigella*. При снижении иммунитета гидробионтов вышеуказанные бактерии способны внедряться в ткани рыб, с током крови транспортироваться по всем органам и вызывать бактериальные заболевания. В нашем случае, выявленные организмы не оказывали патогенного воздействия на организм хозяина.

Рыбы, как завершающее звено в трофической цепи водоемов, в течение всего жизненного цикла аккумулируют содержащиеся в окружающей среде и кормовых компонентах токсиканты, в том числе тяжелые металлы. Приоритетный путь поступления тяжелых металлов в мышцы рыбы устанавливается экологической нишей и условиями окружающей среды, которые определяют формы существования и биодоступность металлов [22]. Учитывая, что мышцы составляют большой процент от массы тела, их следует отнести к депонирующим органам [13]; в этом случае возникает необходимость регулярного контроля за уровнем накопления токсикантов, что важно знать при оценке качества рыбной продукции.

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в мышечной ткани сель-

ди-черноспинки указывали на невысокое содержание свинца, кадмия и ртути, которое не превышало допустимый уровень, установленный СанПиН № 2.3.2.1078-01<sup>6</sup>. Норматив по безопасному содержанию в организме рыб нефтяных углеводородов отсутствует в связи с тем, что, попадая в организм рыб, они включаются в сложную цепь биохимических превращений с участием ферментных систем, которые радикально изменяют химическую структуру исходных соединений нефти, превращая их в более токсичные метаболиты. Полученные показатели нефтеуглеводородов были характерны для рыб с достаточным содержанием липидов. Необходимо также отметить, что повышение липидов в гидробионтах может быть обусловлено нефтяной интоксикацией, приводящей к «жировому перерождению» тканей [15].

Уровень содержания общих липидов, являющихся энергетическим субстратом, в мышечной ткани зависит от степени обеспеченности рыб кормом и токсикологической обстановки среды обитания. При недостаточном уровне накопления запасных веществ в мышцах (общие липиды) рыба может отказываться от нереста. В нерестовый период среднее содержание общих липидов и водорастворимого белка сельди-черноспинки составило  $8,09 \pm 0,86\%$  и  $76,44 \pm 12,61$  мг/г, соответственно, при этом число общих липидов было выше, чем в аналогичный период 2015 г. ( $7,93 \pm 0,36\%$  по данным Мухамедовой и др., [17]), что указывало на положительную тенденцию естественного течения энергетических физиологических процессов у обследованных рыб.

В ходе сравнительного анализа установлена положительная корреляция между компонентами липидного ряда с нефтеуглеводородами и численностью *A. schupakovi*; влиянием инвазии паразитов на некоторые размерные характеристики обследованных. Выявленное влияние моногеней на упитанность рыб, безусловно, связано с патогенным воздействием жаберного паразита на кровеносную и дыхательную системы, способствуя снижению физиологических процессов.

Отсутствие связи Водорастворимый белок/Нефтеуглеводороды, вероятно, связано с

тем, что мышцы гидробионтов регулярно подвергаются деструкции, поскольку в основном именно за счет них организм рыб восполняет белковый дефицит при любых стрессовых ситуациях. Влияние же соединений свинца и кадмия на липидные компоненты в организме рыб выражается, по мнению ряда авторов [2, 16], в усилении процессов свободнорадикального и перекисного окисления липидов и адекватным усилением каталазной активности тканей, что является компенсаторной или адаптивной реакцией организма на стресс в связи с хроническим загрязнением.

### Заключение

Состав паразитов проходной сельди-черноспинки характеризовался низким видовым разнообразием. Отсутствие патологических изменений в организме рыб свидетельствовало об устойчивом характере взаимоотношений в системе «паразит-хозяин». Численность и распределение бактерий в органах и тканях рыб были закономерными, путь обсеменения мышц и печени, в норме стерильных, определен как эндогенный. В биоразнообразии микроорганизмов отмечали условно-патогенные бактерии, персистировавшие на уровне бактерионосительства. Содержание токсикантов в мышечной ткани обследованных сельдей не превышало нормативных показателей и было характерным для рыб Волго-Каспийского бассейна. Проходная сельдь-черноспинка обладала различным уровнем накопления энергетических субстратов в виде липидов и белков в тканях, необходимых для участия в воспроизводстве и пополнении промысловых запасов сельди-черноспинки. Сравнительный анализ показал тесную связь уровня зараженности рыб, биохимических и морфометрических показателей между собой и с содержанием токсикантов в тканях обследованных рыб. Постоянное выявление паразитов и микроорганизмов, способных проявлять патогенные свойства, а также присутствие в тканях обследованных рыб токсикантов, обладающих высоким индексом биоаккумуляции, может негативно отразиться на общем физиологическом состоянии сельди в период нерестовой миграции.

<sup>6</sup> СанПиН № 2.3.2.1078-01 от 06.11.2001 (с изменениями на 6 июля 2011 года). Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 36 от 14.11.2001.



## Список источников

1. *Быховская-Павловская И. Е.* Паразиты рыб. Руководство по изучению. Ленинград: Наука, 1985. 121 с.
2. *Богдан В. В., Кириллук С. Д., Нефедова З. А.* Влияние тяжелых металлов на липидный состав мышц сига и осетра // Тезисы докладов VIII научной конференции по экологической биохимии рыб. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1992. С. 35.
3. *Водовская В. В.* Экологические аспекты биологии проходной сельди Каспия. Астрахань: КаспНИРХ, 2001. 74 с.
4. *Войнова Т. В.* Мониторинг современного состояния популяции сельди-черноспинки (*Alosa kessleri kessleri* Grimm) в р. Волге // Экологический мониторинг и биоразнообразие. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета. 2016. № 1 (11). 25 с.
5. *Войнова Т. В.* Современное состояние популяции сельди-черноспинки в р. Волга // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию Астраханского государственного заповедника. Астрахань: Мир, 2019. 72 с.
6. *Жохов А. Е., Молодожникова Н. М.* Таксономическое разнообразие паразитов рыбообразных и рыб бассейна Волги. Нематоды (Nematoda) и волосатики (Gordiacae) // Паразитология. 2008. Т. 42. № 2. С. 114-128.
7. *Курочкин Ю. В.* К гельминтофауне сельдевых рыб Каспийского моря // Труды Астраханского заповедника. Сборник паразитологических работ. Астрахань, 1964. С. 164-182.
8. *Калмыков А. П., Семенова Н. Н., Иванов В. М.* Гельминты в экосистеме дельты Волги. Т. 2. Нематоды позвоночных. Монография. Ижевск: Принт, 2017. 350 с.
9. *Кирилов А. А., Кириллова Н. Ю., Чихляев И. В.* Паразиты позвоночных животных Самарской области. Тольятти: Полиар, 2018. 304 с.
10. *Карыгина Н. В., Попова О. В., Галушкина Н. В.* и др. Особенности гидрохимической и токсикологической обстановки в водотоках низовьев Волги в современный период // Материалы II Международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». с. Соленое Займище, 2017. С. 154-158.
11. *Ларцева Л. В., Обухова О. В., Истелюева А. А.* Геоэкологические аспекты бактериоценоза в дельте Волги в условиях антропогенной нагрузки // Юг России: экология, развитие. 2009. Т. 4. № 4. С. 146-149.
12. *Ларцева Л. В., Лисицкая И. А., Обухова О. В.* Микробиоценоз воды и осетровых естественных популяций Волго-Каспийского бассейна. Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2020. 320 с.
13. *Лобанова Т. А.* Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. Естественные науки. 2008. № 1. С. 18-21.
14. Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические / ред. Т. А. Детлаф, В. Я. Бродский, Г. Г. Гаузе. М.: Наука, 1974. 619 с.
15. *Миронов О. А., Муравьева И. П.* Содержание компонентов липидно-углеводородного комплекса моллюсков и прибрежной акватории Севастополя (Черное море) // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3. Ч. 1. 22 с.
16. *Мусаев Б. С., Мурадова Г. Р., Рабаданова А. И.* Влияние ионов кадмия и свинца на некоторые показатели липидного обмена и систему антиоксидантной защиты сеголеток карпа (*Cyprinus carpio* L.) // Юг России: экология, развитие. 2009. № 1. С. 53.
17. *Мухамедова Р. М., Базелюк Н. Н., Аксенов В. П.* Содержание общих липидов в мышцах разновозрастных групп самок сельди-черноспинки во время нерестовой миграции 2015 года // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2016. № 3. С. 128.
18. *Нетрусов А. И.* Практикум по микробиологии: учебное пособие. М.: Академия, 2005. 608 с.
19. *Обухова О. В., Ларцева Л. В., Лисицкая И. А.* Санитарно-микробиологическая оценка гидроэкологической системы дельты Волги при антропогенном загрязнении // Гигиена и санитария. 2009. № 1. С. 8.
20. *Поздняков С. Е., Швидкий Г. В., Михайлов С. В.* О распределении личинок нематод *Anisakis simplex* в рыбах с различным типом накопления депозитного жира // Паразитология. 1998. Вып. 4. 368 с.
21. *Пятикопова О. В., Войнова Т. В., Распопов В. М.* Оценка промыслового возврата сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* в реке Волга в 2010–2014 гг. // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18. № 2. 259 с.
22. *Перевозников М. А., Богданова Е. А.* Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах. СПб.: ГосНИОРХ, 1999. 225 с.

23. Проскурина В. В., Рылина О. Н. Влияние половодья на инвазию обыкновенной щуки (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) цестодами *Triaenophorus nodulosus* (Cestoda: Triaenophoridae) в низовьях дельты Волги // Материалы II Межрегиональной научно-практической конференции «Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления». Астрахань: АИСИ, 2012. 374 с.
24. Семенова Н. Н., Иванов В. П., Иванов В. М. Паразитофауна и болезни рыб Каспийского моря. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. 558 с.
25. Седов С. И., Румянцев В. Д., Кривасова М. К., Юсупов С. Б. Некоторые особенности жирового и белкового обмена у каспийского тюленя в естественных условиях и при экспериментальном голодании // Энергетические аспекты роста и обмена водных животных. Киев: Наукова думка, 1972. С. 198-200.
26. Zollner N., Kirsch K. Colorimetric method for determination of total lipids. *Zeitschrift fur die gesamte experimentelle Medizin*. 1962; 135: 545. DOI: 10.1007/BF02045455
27. Unger P., Klimpel S. Metazoan parasites from herring (*Clupea harengus* L.) as biological indicators in the Baltic Sea. *Acta Parasitologica*. 2014; 59 (3): 518. DOI: 10.2478/s11686-014-0276-5
28. Campbell N., Cross M., MacKenzie K. Spatial and temporal variations in parasite prevalence and intracommunity of spawning herring caught west of the British Isles and in the Baltic Sea. ICOPA XI: Proceedings of the 11 th international congress of parasitology. 2006; 33.

Статья поступила в редакцию 02.02.2023; принята к публикации 10.07.2023

Об авторах:

**Воронина Елена Александровна**, Волжско-Каспийский филиал Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0000-0002-1188-2358, Voroninaea7@yandex.ru

**Дьякова Светлана Александровна**, (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0000-0001-9970-403X, djakova.s.a@gmail.ru

**Попова Ольга Владимировна**, (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0009-0000-8982-3158, popovaov53@gmail.com

**Попова Эльвира Сруровна**, (ФГБНУ "ВНИРО")(КаспНИРХ), 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1), Россия, г. Астрахань, ORCID ID: 0009-0004-3812-6773, Elvira\_popova\_2020@mail.ru

Вклад соавторов:

**Воронина Елена Александровна** – написание паразитологической части рукописи, сравнительный анализ данных, аннотация, заключение, составление и интерпретация статьи.

**Дьякова Светлана Александровна** – описание микробиологической части рукописи, анализ полученных данных, введение, материалы и методы.

**Попова Ольга Владимировна** – написание токсикологической части рукописи, материалы и методы, анализ полученных данных.

**Попова Эльвира Сруровна** – написание токсикологической части рукописи, материалы и методы, анализ полученных данных.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. Fish parasites. Study guide. Leningrad: Nauka, 1985; 121. (In Russ.)
2. Bogdan V. V., Kirilyuk S. D., Nefedova Z. A. Effects of heavy metals on the lipid composition in the common Whitefish and sturgeon muscles. *Tezisy dokladov VIII nauchnoy konferentsii po ekologicheskoy biokhimii ryb = Abstracts of the VIII Scientific Conference on Ecological Biochemistry of Fish*. Petrozavodsk: Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 1992; 35. (In Russ.)
3. Vodovskaya V. V. Ecological aspects of the biology of the sea shad in the Caspian Sea. Astrakhan: CaspNIRH, 2001; 74. (In Russ.)
4. Voinova T. V. Monitoring of the current status of the black-backed sea shad population (*Alosa kessleri kessleri* Grimm) in the Volga River. *Ekologicheskii monitoring i bioraznoobrazie =*

- Ecological monitoring and biodiversity*. Tyumen: Tyumen State University Publishing House, 2016; 1 (11): 25. (In Russ.)
5. Voinova T. V. The current status of the black-backed sea shad population in the Volga River. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchenoy 100-letiyu Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika = Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the 100th Anniversary of the Astrakhan State Nature Reserve*. Astrakhan: Mir, 2019; 72. (In Russ.)
  6. Zhokhov A. E., Molodozhnikova N. M. Taxonomic diversity of parasites in pisciformes and fish of the Volga basin. Nematodes (Nematoda) and hair worms (Gordiacae). *Parazitologiya = Parasitology*. 2008; 42 (2): 114-128. (In Russ.)
  7. Kurochkin Yu. V. On the helminth fauna of the clupeids in the Caspian Sea. *Trudy Astrakhanskogo zapovednika. Sbornik parazitologicheskikh rabot = Proceedings of the Astrakhan Nature Reserve. Collection of works on parasitology*. Astrakhan, 1964; 164-182. (In Russ.)
  8. Kalmykov A. P., Semenova N. N., Ivanov V. M. Helminths in the ecosystem of the Volga delta. Vol. 2. Nematodes of vertebrates. Monograph. Izhevsk: Print, 2017; 350. (In Russ.)
  9. Kirilov A. A., Kirillova N. Yu., Chikhlyayev I. V. Parasites of vertebrates in the Samara Region. *Tolyatti: Poliar*, 2018; 304. (In Russ.)
  10. Karygina N. V., Popova O. V., Galushkina N. V. et al. Hydrochemical and toxicological situation in the water courses of the Lower Volga in the current period. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy Internet-konferentsii "Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya" = Proceedings of the II International Scientific and Practical Internet Conference "Current Ecological State of the Environment and Scientific and Practical Aspects of Sustainable Nature Management"*. *Solenoye Zaimishche*, 2017; 154-158. (In Russ.)
  11. Lartseva L. V., Obukhova O. V., Istelyueva A. A. Geocological aspects of bacteriocenosis in the Volga delta under anthropogenic load. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, and development*. 2009; 4 (4): 146-149. (In Russ.)
  12. Lartseva L. V., Lisitskaya I. A., Obukhova O. V. Microbiocenosis of water and the sturgeons of natural populations in the Volga-Caspian basin. Astrakhan: Astrakhan State Technical University, 2020; 320. (In Russ.)
  13. Lobanova T. A. Accumulation of heavy metals by commercial fish species. *Vestnik KGU im. N. A. Nekrasova. Yestestvoznaniye = Bulletin of the KSU named after N. A. Nekrasov. Natural Science*. 2008; 1: 18-21. (In Russ.)
  14. Developmental biology methods. Experimental embryological, molecular biological and cytological; ed. T. A. Detlaf, V. Ya. Brodsky, G. G. Gause. M.: Nauka, 1974; 619. (In Russ.)
  15. Mironov O. A., Muravyova I. P. The content of lipid and hydrocarbon complex components of mollusks and the off-shore strip of Sevastopol (Black Sea). *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Scientific Research Journal*. 2020; 3 (1): 22. (In Russ.)
  16. Musaev B. S., Muradova G. R., Rabadanova A. I. Effects of cadmium and lead ions on some lipid metabolism parameters and the antioxidant support system of young-of-the-year cyprinids (*Cyprinus carpio* L.). *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, and development*. 2009; 1: 53. (In Russ.)
  17. Mukhamedova R. M., Bazelyuk N. N., Aksenov V. P. The content of total lipids in the muscles of the female black-backed shad of different-sized groups during spawning migration in 2015. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoye khozyaystvo = Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Rybnoe Khozyaystvo (Fisheries)*. 2016; 3: 128. (In Russ.)
  18. Netrusov A. I. Workshop on microbiology. Study guide. Moscow: Academiya, 2005; 608. (In Russ.)
  19. Obukhova O. V., Lartseva L. V., Lisitskaya I. A. Sanitary and microbiological assessment of the Volga delta hydroecosystem under anthropogenic pollution. *Hygiene and Sanitation*. 2009; 1: 8. (In Russ.)
  20. Pozdnyakov S. E., Shvydkiy G. V., Mikhailov S. V. On the distribution of *Anisakis simplex* nematode larvae in fish with different types of fat deposit accumulation. *Parazitologiya = Parasitology*. 1998; 4: 368. (In Russ.)
  21. Pyatikopova O. V., Voinova T. V., Raspopov V. M. Commercial return evaluation of the black-backed shad *Alosa kessleri kessleri* in the Volga in 2010–2014. *Voprosy rybolovstva = Fishery issues*. 2017; 18 (2): 259. (In Russ.)
  22. Perevoznikov M. A., Bogdanova E. A. Heavy metals in freshwater ecosystems. St. Petersburg: State

- Research Institute of Lake and River Fisheries. 1999; 225. (In Russd.)
23. Proskurina V. V., Rylina O. N. Effect of high water on the infection of the common pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) with cestodes *Triaenophorus nodulosus* (Cestoda: *Triaenophoridae*) in the Lower Volga delta. *Materialy II Mezhrregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Vodnyye resursy Volgi: istoriya, nastoyashcheye i budushcheye, problemy upravleniya = Proceedings of the II Interregional Scientific and Practical Conference "Water resources of the Volga: history, present and future, and management issues.* Astrakhan: Astrakhan Institute of Civil Engineering, 2012; 374. (In Russ.)
  24. Semenova N. N., Ivanov V. P., Ivanov V. M. Parasitic fauna, and diseases of fish in the Caspian Sea. Astrakhan: ASTU Publishing House, 2007; 558. (In Russ.)
  25. Sedov S. I., Rumyantsev V. D., Krivasova M. K., Yusupov S. B. Some features of fat and protein metabolism in the Caspian seal in natural conditions and during experimental starvation. *Energeticheskiye aspekty rosta i obmena vodnykh zhyvotnykh = Energy aspects of growth and metabolism of aquatic animals.* Kyiv: Naukova Dumka, 1972; 198-200. (In Russ.)
  26. Zollner N., Kirsch K. Colorimetric method for determination of total lipids. *Zeitschrift fur die gesamte experimentelle Medizin.* 1962; 135: 545. DOI: 10.1007/BF02045455
  27. Unger P., Klimpel S. Metazoan parasites from herring (*Clupea harengus* L.) as biological indicators in the Baltic Sea. *Acta Parasitologica.* 2014; 59 (3): 518. DOI: 10.2478/s11686-014-0276-5
  28. Campbell N., Cross M., MacKenzie K. Spatial and temporal variations in parasite prevalence and intracommunity of spawning herring caught west of the British Isles and in the Baltic Sea. *ICOPA XI: Proceedings of the 11<sup>th</sup> international congress of parasitology.* 2006; 33.

The article was submitted 02.02.2023; accepted for publication 10.07.2023

*About the authors:*

**Voronina Elena A.**, Volga-Caspian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography" (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0000-0002-1188-2358, Voroninaea7@yandex.ru

**Dyakova Svetlana A.**, (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0000-0001-9970-403X, djakova.s.a@gmail.ru

**Popova Olga V.**, (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0009-0000-8982-3158, popovaov53@gmail.com

**Popova Elvira S.**, (VNIRO (CaspNIRH), 1 Savushkina Str., Astrakhan, 414056, Russia), Russia, Astrakhan, ORCID ID: 0009-0004-3812-6773, Elvira\_popova\_2020@mail.ru

*Contribution of co-authors:*

**Voronina Elena A.** – writing of the manuscript part on parasitology, comparative data analysis, abstract, conclusion, article drafting and interpretation.

**Dyakova Svetlana A.** – description of the manuscript part on microbiology, obtained data analysis, introduction, materials and methods.

**Popova Olga V.** – writing of the manuscript part on toxicology, materials and methods, obtained data analysis.

**Popova Elvira S.** – writing of the manuscript part on toxicology, materials and methods, obtained data analysis.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 619:616.993.192.6

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-352-364>

## Иксодовые инвазии лошадей, сезонная динамика и зараженность пастбищных клещей пироплазмидами в Горном Алтае

Виктор Алексеевич Марченко<sup>1</sup>, Вера Александровна Пар<sup>2</sup>,  
Иван Владимирович Бирюков<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Барнаул, Россия

<sup>2</sup> Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>1</sup> oestrus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0802-064X>

<sup>2</sup> rarv@niboch.nsc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5930-5306>

<sup>3</sup> ivan.219@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8934-0778>

### Аннотация

**Цель исследований** – характеристика видового состава и численности иксодовых клещей, паразитирующих на лошадях, сезонной динамики клещей, обитающих на природных пастбищах и зараженности их пироплазмидами.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в четырех физико-географических провинциях Горного Алтая. Осуществляли ручной сбор клещей с лошадей (собрано 1183 экз.). Подекадные учеты численности клещей проводили на природных пастбищах с последующим определением видового состава (1109 экз.). Собранных клещей рода *Dermacentor* (443 экз.) исследовали методом двухраундовой ПЦР в присутствии родоспецифичных праймеров на наличие ДНК *Babesia* spp. и *Theileria* spp., видовую принадлежность обнаруженных пироплазм устанавливали методом секвенирования фрагментов гена 18S рРНК.

**Результаты и обсуждение.** В сборах с лошадей и на пастбищах зарегистрированы иксодовые клещи трех родов (*Dermacentor*, *Ixodes*, *Haemaphysalis*) и 6 видов: *D. nuttalli*, *D. silvarum*, *D. reticulatus*, *D. marginatus*, *H. concinna* и *Ix. persulcatus*. Наиболее многочисленным видом оказался *D. nuttalli* (56,1%), наиболее распространенным – *Ix. persulcatus*, который регистрировали во всех районах, кроме Кош-Агачского Юго-Восточного Алтая. На долю *D. silvarum* приходится 14,9%, остальные виды представлены в меньшей степени. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на пастбищах Северного Алтая – 5 видов, в Юго-Восточном Алтае зарегистрирован только 1 вид – *D. nuttalli*. Сезонная динамика клещей на пастбище характеризуется двумя пиками численности, весенним – в 3-й декаде апреля и осенним – 2-й декаде октября. На весенне-летний период (март-июнь) приходится 87,1 % учтенных клещей, на осенний (сентябрь-октябрь) – 7,2%. У трех видов исследованных клещей (*D. silvarum*, *D. marginatus*, *D. nuttalli*) обнаружена ДНК трех видов пироплазмид (*Babesia caballi*, *Theileria equi* и *Babesia* sp). Зараженность клещей пироплазмидами составила 2,7–25,0%, а, в среднем, по Горному Алтаю – 2,7%.

**Ключевые слова:** иксодовые клещи, зараженность, *Theileria equi*, *Babesia caballi*, лошади, Горный Алтай

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Республики Алтай в рамках научного проекта № 20-44-040004, проектов Государственного задания ФБГНУ ФАНЦА (№ 0534-2021-0005) и ИХБФМ СО РАН (№ 121031300043-8).

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

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Для цитирования:** Марченко В. А., Пар В. А., Бирюков И. В. Иксодовые инвазии лошадей, сезонная динамика и зараженность пастбищных клещей пироплазмидами в Горном Алтае // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 352–364.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-352-364>

© Марченко В. А., Пар В. А., Бирюков И. В., 2023



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

Original article

# Ixodid tick infections of horses, and seasonal dynamics and infection of pasture ticks with piroplasmids in Gorny Altai

Viktor A. Marchenko<sup>1</sup>, Vera A. Rar<sup>2</sup>, Ivan V. Biryukov<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology, Barnaul, Russia

<sup>2</sup>Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>1</sup>oestrus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0802-064X>

<sup>2</sup>rarv@niboch.nsc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5930-5306>

<sup>3</sup>ivan.219@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8934-0778>

## Abstract

**The purpose of the research** is the characterization of species composition and abundance of ixodid ticks that parasitize on horses, seasonal dynamics of ticks inhabiting natural pastures and their piroplasmid infection.

**Materials and methods.** The studies were performed in four Gorny Altai physiographic provinces. Ticks were manually collected from horses (1183 specimens). Ticks were counted on natural pastures every ten days with subsequent determination of the species composition (1109 specimens). Collected ticks of the genus *Dermacentor* (443 specimens) were examined by nested PCR in the presence of genus-specific primers for *Babesia* spp. and *Theileria* spp.; the species identification of discovered piroplasmids was determined by 18S rRNA gene sequencing.

**Results and discussion.** Ixodid ticks of three genera (*Dermacentor*, *Ixodes*, *Haemaphysalis*) and 6 species: *D. nuttalli*, *D. silvarum*, *D. reticulatus*, *D. marginatus*, *H. concinna* and *Ix. persulcatus*, were recorded in the collections from horses and pastures. The most numerous species was *D. nuttalli* (56.1%), and the most common, *Ix. persulcatus*, that was recorded in all districts except Kosh-Agachsky in South-Eastern Altai. *D. silvarum* accounted for 14.9%, and other species were represented to a lesser extent. The highest species diversity, 5 species, was observed in the Northern Altai pastures and only 1 species, *D. nuttalli*, was recorded in the South-Eastern Altai. The seasonal dynamics of ticks in the pasture was characterized by two peaks in numbers, namely, the spring peak in the 3rd decade of April and the autumn peak in the 2nd decade of October. The spring-summer period (March-June) had 87.1% of recorded ticks, and the autumn period (September-October) had 7.2%. Three species of the examined ticks (*D. silvarum*, *D. marginatus*, *D. nuttalli*) were found to have DNA of three piroplasmid species (*Babesia caballi*, *Theileria equi* and *Babesia* sp). Piroplasmids infection rate in ticks was 2.7-25.0%, and 2.7% on average in Gorny Altai.

**Keywords:** ixodid ticks, infection, *Theileria equi*, *Babesia caballi*, horses, Gorny Altai

**Acknowledgements.** This work was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Republic of Altai within Scientific Project #20-44-040004, Projects of the State Task of FSBI Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology (# 0534-2021-0005) and the Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS (# 121031300043-8).

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Marchenko V. A., Rar V. A., Biryukov I. V. Ixodid tick infections of horses, and seasonal dynamics and infection of pasture ticks with piroplasmids in Gorny Altai. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):352–364. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-352-364>

© Marchenko V. A., Rar V. A., Biryukov I. V., 2023

## Введение

Коневодство в Республике Алтай является значимой отраслью сельскохозяйственного производства. Однако, сдерживающим фак-

тором в дальнейшем увеличении поголовья животных и повышения их продуктивности являются заразные болезни инфекционной и инвазионной этиологии, многие из кото-

рых особо опасны и переносятся иксодовыми клещами. Кроме того, нападение клещей на сельскохозяйственных животных для кровососания является также самостоятельным заболеванием (иксодоз), приносящим серьезный ущерб здоровью животных и экономике отрасли.

В Горном Алтае постоянно регистрируют массовое нападение на сельскохозяйственных животных иксодовых клещей для кровососания, что неизбежно ведет к потере продуктивности, что предполагает проведение регулярных, научно обоснованных защитных мероприятий.

Для успешной борьбы с иксодовыми клещами, кроме доступного арсенала эффективных акарицидных средств, необходимы знания о видовом составе, биологии и экологии клещей, особенностях инвазионного процесса. Несмотря на очевидную актуальность этой проблемы, исследования иксодовых инвазий лошадей в Горном Алтае крайне фрагментарны и последнее значимая работа датируется серединой прошлого столетия.

К настоящему времени известно, что фауна иксодовых клещей Горного Алтая насчитывает 11 видов: 5, относящихся к роду *Ixodes*, 4 – к роду *Dermacentor* и 2 – к роду *Haemaphysalis* [14].

По данным П. В. Семенова [10], на территории Республики Алтай на сельскохозяйственных животных и лошадях зарегистрированы 6 видов клещей: *Dermacentor reticulatus* Fabr., 1794, *D. marginatus* Schulz., 1776, *D. silvarum* Ol., 1931, *D. nuttalli* Ol., 1929, *Ixodes persulcatus* P. Schulze, 1776, и *Haemaphysalis concinna* Koch, 1844, которые являются возможными переносчиками кровепаразитарных инвазий – пироплазмидозов.

У лошадей в Горном Алтае широко распространены пироплазмидозные инвазии, вызываемые простейшими гемопаразитами из отряда *Piroplasmida* – *Babesia caballi* и *Theileria equi* [4, 8]. В то же время, нет достоверных сведений о таких эпизоотологических характеристиках, как зараженность пастбищных клещей пропативными формами пироплазмид, сезонная динамика и численность иксодовых клещей на пастбищах.

Целью нашего исследования стала характеристика видового состава и численности иксодовых клещей, паразитирующих на лошадях, сезонной динамики обитающих на при-

родных пастбищах клещей и зараженности клещей пироплазмидами.

## Материалы и методы

Изучение иксодовых инвазий у лошадей проводили в 2020–2022 гг. в четырех физико-географических провинциях Горного Алтая (Северный Алтай – Майминский, Чойский и частично Шебалинский районы, Центральный – Онгудайский, Усть-Канский, частично Шебалинский районы, Западный – западная часть Усть-Канского и Чарышский район Алтайского края и Юго-Восточный – Кош-Агачский и Улаганский районы), существенно различающихся по природно-климатическим условиям и способам ведения животноводства.

В местах, неблагополучных по трансмиссивным болезням лошадей, проведен сбор клещей, как прокармливаемых на животных, так и голодных в биотопах природных пастбищ на волокушу (60 × 100 см) из расчета 400 м прохода маршрута.

Описание горных пастбищ проводили согласно принятому ботаническому описанию [5]. Всего для изучения инвазированности лошадей иксодидами было обследовано 169 лошадей, в основном, Новоалтайской породы; собрано и учтено 1183 экз. клещей.

Для изучения численности иксодовых клещей на пастбищах было проведено 8 учетов на территории 7 районов Горного Алтая; собрано 483 экз. клещей с последующим перерасчетом на флажок/км. При изучении сезонной динамики численности клещей в Шебалинском районе в 2021–2022 гг. проведено 46 подекадных учетов и собрано 1109 экз. клещей. Вид клещей определяли с использованием определителя из серии фауны СССР [6].

По результатам сбора клещей с прокармливателей подсчитывали процент инвазированных животных (ЭИ) и индекс обилия (ИО, экз. – среднее число клещей на обследованных животных). Статистическое сравнение численности паразитирующих клещей осуществляли по U-критерию Манна-Уитни.

На наличие ДНК пироплазмид проанализировано 443 экз. клещей рода *Dermacentor*, собранных в различных биотопах на территории 4 районов Горного Алтая. Клещей исследовали методом двухраундовой ПЦР в присутствии родоспецифичных праймеров из области гена 18S рРНК на наличие ДНК *Babesia*

spp. / *Theileria* spp. [8]. Видовую принадлежность и генотипирование обнаруженных пироплазм определяли методом секвенирования фрагментов гена 18S рРНК. Сравнение определенных нуклеотидных последовательностей с известными последовательностями проводили с использованием программы BLASTN (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>).

## Результаты

Результаты паразитологических исследований на инвазированность лошадей иксодовыми клещами в различных природных провинциях Горного Алтая приведены в табл. 1 и 2.

Паразитирующие на лошадях клещи представлены двумя родами (*Dermacentor* и *Ixodes*) и 5 видами (*D. reticulatus*, *D. marginatus*, *D. silvarum*, *D. nuttalli* и *Ix. persulcatus*). В трех провинциях доминируют клещи рода *Dermacentor*: в Северном Алтае – *D. silvarum*, 54,1%, в Центральном Алтае – *D. nuttalli*, 40,4%, в Юго-Восточном Алтае – *D. nuttalli*, 97,1%, на Западном Алтае – *Ix. persulcatus*, 34,8%. В целом, в Горном Алтае наиболее многочисленным оказался вид *D. nuttalli* – 61,8%.

Экстенсивность заражения среди животных различных провинций не имеет существенных различий (69,2–88,0%), в среднем, 81,8%. Но средняя численность паразитирующих клещей (ИО) в большинстве случаев имеет достоверные и значимые различия (табл. 2). ИО клещей у лошадей Юго-Восточного Алтая (12,1) значительно выше, чем у животных других провинций (3,2–7,5). В меньшей степени инвазированы животные в Западном Алтае – ИО 3,2.

Численность и видовой состав иксодовых клещей на различных пастбищах в четырех провинциях Горного Алтая приведены в табл. 3.

В сборах на пастбищах зарегистрированы те же виды, что и на животных (*D. reticulatus*, *D. marginatus*, *D. silvarum*, *D. nuttalli* и *Ix. persulcatus*). Наиболее многочисленным видом на территории Горного Алтая оказался *D. nuttalli* (56,1%), наиболее распространенным – *Ix. persulcatus* (17,5%), который регистрировали во всех районах, кроме Юго-Восточного Алтая. На долю *D. silvarum* приходится 14,9%, остальные виды представлены в меньшей степени. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на пастбищах Северного и Центрального Алтая – по 4 вида, в Юго-Восточном

Алтае зарегистрирован только один вид – *D. nuttalli*.

Наибольшая численность клещей отмечена на опустыненном степном высокогорном пастбище в Кош-Агачском районе Юго-Восточного Алтая – 495,0 экз. на флажок/км, наименьшая – на пастбище закустаренного лесного луга низкогорья в Майминском районе Северного Алтая – 35,0 экз. на флажок/км. В целом, численность иксодовых клещей на высокогорных пастбищах Юго-Восточного Алтая более чем в два раза превышает таковую остальных провинций.

Важной популяционной характеристикой иксодид, которая регламентирует сроки акарицидных обработок, является сезонная динамика численности клещей на пастбище. Нами в течение двух весенне-осенних сезонов проведены подекадные учеты численности и сбор клещей на волокушу на природном пастбище злаково-разнотравного луга на опушке паркового осиново-березового леса среднегорья в Шебалинском районе Северного Алтая. Всего за период с марта по октябрь было собрано 1109 экз. клещей, из них клещей рода *Dermacentor* 75,2 %, *Ixodes* – 24 %, *Haemaphysalis* – 0,8 %. Соотношение полов самцов и самок у клещей рода *Dermacentor* составило 1 : 1,25, у рода *Ixodes* – 1 : 1,32.

В сборах на пастбище зарегистрировано 5 видов иксодовых клещей – *D. silvarum*, *D. reticulatus*, *D. marginatus*, *H. concinna* и *Ix. persulcatus*. Доминирующим видом в сборах на пастбище был *D. silvarum* (61,1 %), субдоминантным – *Ix. persulcatus* (33,4 %) и только 5,5 % приходилось на долю *D. marginatus*, *D. reticulatus* и *H. concinna*. Результаты подекадных учетов средней двулетней численности основных родов клещей на пастбище приведены на рисунке.

Пастбищные клещи, появившиеся на пастбище после стаивания снега в третьей декаде марта, представлены одним видом – *D. silvarum* (19,5 экз.). В первой декаде апреля произошел подъем численности, во второй декаде в сборах появился *Ix. persulcatus*, максимум численности пришелся на третью декаду апреля (123,5 экз.). В дальнейшем в мае произошло постепенное снижение их численности, но во второй декаде в сборах начали преобладать *I. persulcatus* и регистрировали одиночные экземпляры *H. concinna*. В июне



Таблица 1 [Table 1]

Инвазированность лошадей иксодовыми клещами в Горном Алтае  
[Infection of horses with ixodid ticks in Gornyy Altai]

Провинция [Provinces]	Обследовано лошадей [Horses examined]	Обнаружено клещей, экз. [Ticks found, sp.]	ЭИ [EI, %]	ИО, экз. [AI, sp.]	Обнаружено клещей (%) видов [Ticks found (%) species]				
					<i>D. nuttalli</i>	<i>D. silvarum</i>	<i>D. reticulatus</i>	<i>D. marginatus</i>	<i>Ix. persulcatus</i>
Северный Алтай [Northern Altai]	34	144	70,5	4,2	-	54,1	14,5	7,1	24,3
Центральный Алтай [Central Altai]	41	309	75,6	7,5	40,4	23,3	9,8	5,9	20,5
Западный Алтай [Western Altai]	39	125	69,2	3,2	-	11,8	29,6	23,8	34,8
Юго-Восточный Алтай [Southeast Altai]	50	605	88,0	12,1	97,1	-	-	-	2,9*
По всем [For all]	169	1183	81,8	7,5	61,8	13,9	5,2	7,6	11,5

Примечание. [Note]. \* - клещи Улаганского района [ticks of the Ulagansky district]

Таблица 2 [Table 2]

Сравнение показателей инвазированности лошадей клещами по U-критерию Манна-Уитни  
[Comparison of indicators of horse's infection with ticks according to the Mann-Whitney U-test]

Провинция [Provinces]	Центральный Алтай [Central Altai] (7,5)	Западный Алтай [Western Altai] (3,2)	Юго-Восточный Алтай [Southeast Altai] (12,1)
Северный Алтай [Northern Altai] (4,2)	503,5/543*	474/373	377,5/594**
Центральный Алтай [Central Altai] (7,5)		383/383**	738/818*
Западный Алтай [Western Altai] (3,2)			281,5/476**

Примечание. [Note]. U-критерий эмпирический/U-критерий критический [U-criterion empirical/U-criterion critical], \* - P ≤ 0,05; \*\* - P ≤ 0,01.

численность клещей на пастбище значительно снизилась; в первой и второй декадах в сборах находили клещей обоих родов, но значительно доминировал род *Ixodes*. В июле-августе численность собранных клещей была низкой (1,5–4,0 экз.) и в дальнейшем в сборах находили только клещей рода *Dermacentor*. Со второй декады сентября установлен незначительный подъем численности, который достиг максимума во второй декаде октября (13 экз.); в третьей декаде октября на фоне понижения температуры воздуха численность в сборах резко упала, и в ноябре клещи в учетах отсутствовали.

Существенный интерес пастбищные клещи представляют как переносчики пироплазмид. В табл. 4 отображены результаты молекулярно-генетических исследований трех видов клещей рода *Dermacentor* на наличие ДНК *B. caballi* и *Th. equi*. Всего было исследовано 443 экз. клещей, из них 199 экз. *D. silvarum*, 8 экз. *D. marginatus* и 236 экз. *D. nuttalli*.

Пироплазмиды обнаружены у всех видов клещей во всех районах, кроме Кош-Агачского. Всего ДНК пироплазмид была обнаружена в 12 клещах, из них в восьми *D. silvarum* и двух *D. nuttalli* была выявлена ДНК *B. caballi*, в одном *D. silvarum* – ДНК *T. equi* и в одном *D. marginatus* – ДНК *Babesia* sp., генетически наиболее схожая с бабезиями крупного рогатого скота *B. oocutans*.

Таблица 3 [Table 3]

Численность и видовой состав иксодовых клещей на пастбищах Горного Алтая (1–2 декады мая, 2020–2022 гг.)  
[The number and species composition of Ixodid ticks in the pastures of Gornyy Altai (1–2 decades of May, 2020–2022)]

Провинция [Provinces]	Административный район [Administrative region]	Характеристика пастбища [Pasture characteristics]	Собрано клещей, экз. [Ticks found, sp.]	Численность клещей, экз. на флажок [The number of ticks, sp. per flag/km]	Обнаружено клещей (%) видов [Ticks found (%) species]					
					<i>D. nuttalli</i>	<i>D. silvarum</i>	<i>D. reticulatus</i>	<i>D. marginatus</i>	<i>Ix. persulcatus</i>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Северный Алтай [Northern Altai]	Майминский [Maiminsky]	Окрестности с. Дубровка, закустаренный разнотравно-злаковый лесной луг низкотеря [Neighborhood of Dubrovka village, shrubby forb-grass forest meadow of low mountains]	14	35,0	-	57,1	-	-	-	42,9
	Шебалинский [Shebalinsky]	Окр. с. Черга, злаково-разнотравный луг на опушке паркового осиново-березового леса среднетеря [Neighborhood of Cherga village, grass-forb meadow on the edge of the park aspen-birch forest of the middle mountains]	80	192,0	-	56,2	7,5	6,2	-	30,1
	Онгудайский [Ongudai]	Окр. с. Каракол, ковыльно-разнотравный остепненный луг с карагамами среднетеря [Neighborhood of Karakol village, feather-grass-forb steppe meadow with saaragans in the middle mountains]	62	155,0	54,8	12,9	8,0	-	-	24,3
Центральный Алтай [Central Altai]	Шебалинский [Shebalinsky]	Окр. с. Дектиек, разнотравно-ежовый настоящий луг среднетеря на опушке березового редколесья [Neighborhood of Dektyek village, forb-hedgehog real meadow of middle mountains at the edge of birch light forest]	22	110,0	-	50,0	22,7	-	-	27,3
	Усть-Канский [Ust-Kansky]	Окр. с. Черный Ануй, разнотравно-щучковый закустаренный настоящий луг среднетеря на опушке березово-лиственничного редколесья [Neighborhood of Cherny Anui village, forb-pike bushy real meadow of middle mountains at the edge of birch-larch light forest]	49	122,5	-	-	44,8	22,4	-	32,8
Западный Алтай [Western Altai]	Чарышский [Charyshsky]	Окр. с. Сентелек, злаково-аконитово-разнотравный остепненный луг на опушке березово-лиственничного редколесья [Neighborhood of Sentelek village, grass-aconite-forb steppe meadow at the edge of birch-larch sparse forest]	19	47,5	-	-	10,5	-	-	89,5

Окончание таблицы 3 [End of table 3]

Провинция [Provinces]	Административный район [Administrative region]	Характеристика пастбища [Pasture characteristics]	Собрано клещей, экз. [Ticks found, sp.]	Численность клещей, экз. на флаго/км [The number of ticks, sp. per flag/km]	Обнаружено клещей (%) видов [Ticks found (% species)]				
					<i>D. nuttalli</i>	<i>D. silvarum</i>	<i>D. reticulatus</i>	<i>D. marginatus</i>	<i>Ix. persulcatus</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Юго-Восточный Алтай [Southeast Altai]	Кош-Агачский [Kosh-Agachsky]	Окр. с. Теленгит-Сортогой, осоково-по- лынно-злаковая опустыненная петрофит- ная степь высокогорья [Neighborhood of Telengit-Sortogoi village, sedge-wormwood-grass deserted petrophytic steppe of high mountains]	198	495,0	100	-	-	-	-
	Улаганский [Ulagansky]	Окр. с. Улаган, лапчатково-полянно-ко- выльная настоящая степь на опушке паркового лиственничника высокогорья [Neighborhood of Ulagan village, cinquefoil- wormwood-feather grass real steppe on the edge of the highland park larch forest]	39	97,5	100	-	-	-	-
По всем [For all]					56,1	14,9	8,2	3,3	17,5

## Обсуждение

Иксодовые инвазии, вызываемые клещами у лошадей, широко распространены в различных регионах Сибири, Российской Федерации и зарубежных странах [3, 6, 7, 9, 12, 16, 18, 19]. В Горном Алтае первые работы П. В. Семенова по иксодовым инвазиям и видовому составу пастбищных клещей датируются 50-ми годами прошлого века [10, 11]. Имеются единичные публикации по схожей тематике [1, 13, 14], которые, в первую очередь, позволяют судить о видовом составе иксодовых клещей, но, в меньшей степени, о характере иксодовой инвазии лошадей в регионе.

Паразитирующие на лошадях клещи представлены 5 видами: *D. reticulatus*, *D. marginatus*, *D. silvarum*, *D. nuttalli* и *Ix. persulcatus*. В отличие от исследований П. В. Семенова [10], нами не зарегистрирован *H. concinna*.

По литературным источникам сложно судить о численности паразитирующих клещей. Так, средняя численность собранных клещей на лошадях в Онгудайском районе Центрального Алтая в 1949 г. составила 3,7 экз., а в 2021–2022 гг. – 7,5 экз. Разница в численности может быть обусловлена как климатическими подвижками, так и ростом численности животных-прокормителей.

Наиболее высокая численность паразитирующих клещей установлена в опустыненном высокогорном Кош-Агачском районе Юго-Восточного Алтая, где они представлены одним видом – *D. nuttalli*. В Северном и Центральном Алтае при более низкой численности клещей отмечено их более широкое видовое разнообразие (4–5 видов).

Сходные закономерности просматриваются при анализе численности и видового состава иксодовых клещей на природных пастбищах лошадей (табл. 3). Наиболее богатый видовой состав иксодовых клещей установлен на злаково-разнотравных лугах на опушке паркового осиново-березового леса среднегорья Северного Алтая. Здесь клещи представлены 3 родами (*Dermacentor*, *Ixodes* и *Haemaphysalis*) и 5 видами при относительно невысокой численности – 192,0 экз. на флаго/км. В то же время, на пастбище осоково-полянно-злаковой опустыненной петрофитной степи высокогорья обитает только один вид (*D. nuttalli*), который характеризуется высокой численностью – 495,0 экз. на флаго/км.

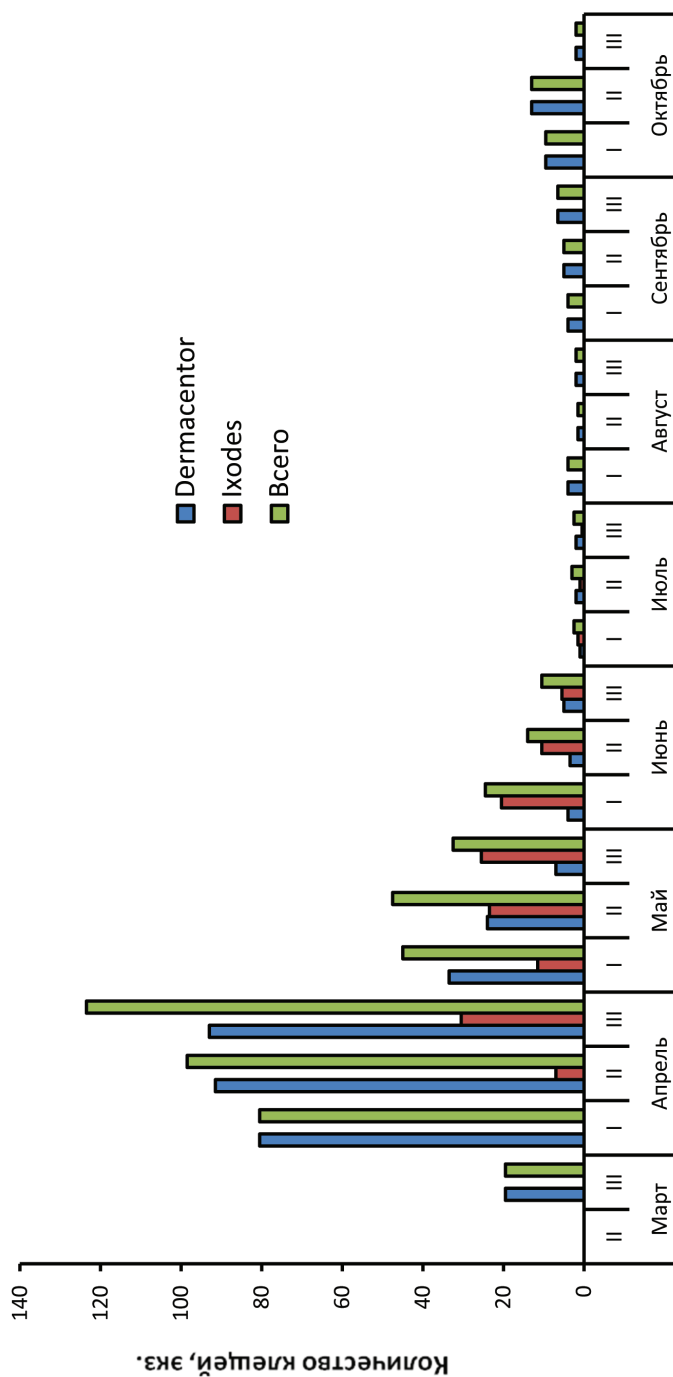


Рис. Сезонная динамика средней численности иксодовых клещей на пастбище (Северный Алтай, Шебалинский район, 2021-2022 гг.)  
 [Fig. Seasonal dynamics of the average number of ixodid ticks on a pasture (Northern Altai, Shebalinsky district, 2021–2022)]

Таблица 4 [Table 4]

**Зараженность иксодовых клещей рода *Dermacentor* пироплазмидами  
[Infection of Ixodid ticks of the genus *Dermacentor* with piroplasmids]**

Провинция [Provinces]	Административный район [Administrative region]	Вид клещей [Type of ticks]	Исследовано клещей, экз. [Investigated ticks, copy]	Заражены пироплазмидами, экз.			
				<i>Theileria equi</i>	<i>Babesia caballi</i>	<i>Babesia</i> sp.	заражено клещей, %
Северный Алтай [Northern Altai]	Чойский [Choi]	<i>D. silvarum</i>	8	-	2		25,0
	Шебалинский [Shebalinsky]	<i>D. silvarum</i>	83	-	3		3,6
Центральный Алтай [Central Altai]	Онгудайский [Ongudai]	<i>D. nuttalli</i>	72	-	2		2,7
		<i>D. marginatus</i>	8	-		1	12,5
	Шебалинский [Shebalinsky]	<i>D. silvarum</i>	108	1	3		3,7
Юго-Восточный Алтай [Southeast Altai]	Кош-Агачский [Kosh-Agachsky]	<i>D. nuttalli</i>	164	-	-		-
По всем [For all]			443	1	10	1	2,7

В целом, по материалам исследований просматривается закономерность – по мере продвижения с севера на юг Республики и увеличения высоты местности уменьшается видовое разнообразие клещей, но увеличивается их численность на природных пастбищах, что вероятно обусловлено как природными условиями биотопов, так и численностью прокормителей на этих территориях.

Важной популяционной характеристикой населения клещей, необходимой составляющей рациональной организации защитных мероприятий при иксодовых инвазиях является сезонная динамика численности клещей на пастбище. Знание динамики численности пастбищных клещей на конкретных территориях позволяет регламентировать сроки и кратность акарицидных обработок животных.

По результатам обследований пастбища злаково-разнотравного луга на опушке паркового осиново-березового леса среднегорья (Шебалинский район Северного Алтая) можно заключить, что в начале сезона появляются и доминируют на пастбище клещи рода *Dermacentor*, с середины мая доминирование переходит к роду *Ixodes* и продолжается до первой декады июля, затем вновь преобладают клещи рода *Dermacentor*, и в конце сезона клещи представлены исключительно этим родом.

В целом, сезонная динамика характеризуется двумя пиками численности, весенним – третья декада апреля и осенним – вторая декада октября. На весенне-летний период

(март-июнь) приходится 87,1% учетных клещей, на осенний (сентябрь-октябрь) – 7,2%. Соответствует этому и интенсивность нападения клещей на животных; высокая численность присосавшихся паразитов приходится на апрель-май, а в осенний период встречаются только одиночные экземпляры. Активность клещей на этом пастбище проявлялась после стаивания снега и продолжалась до образования нового снежного покрова.

Горный Алтай характеризуется значительным физическим разнообразием территорий, на которых в силу вертикальной поясности представлены практически все природно-климатические зоны, на которых сформировались биотопы с определенным населением свободноживущих и паразитических видов животных. Соответственно, разнообразие природно-климатических условий пастбищ и биотопов на них предполагает как видовое разнообразие иксодовых клещей, так и популяционные особенности их биологии, в частности, проявление трофической активности. Так, в Онгудайском районе Центрального Алтая (Окрестности с. Малый Яломан, 2020 г.) нападение иксодовых клещей на животных регистрировали в первой декаде марта. Отмечены случаи присасывания клещей к человеку в период оттепелей и в зимний период.

По результатам проведенных исследований, рекомендуем проводить защитные мероприятия от пастбищных клещей всех выпасающихся животных в период с апреля по

первую декаду июня, а в осенний период - по показаниям численности: при выпасе животных и наличии, в среднем, более 2–3 экз. присосавшихся клещей.

Видовое разнообразие и высокая численность пастбищных клещей служат решающим фактором широкого распространения пироплазмидозов у лошадей в Горном Алтае. В регионе у лошадей зарегистрировано два вида пироплазмид – *T. equi* и *B. caballi*, ДНК пироплазм была обнаружена в крови 45–85% обследованных животных из различных районов Республики Алтай [4, 8]. Известно, что основными переносчиками как *T. equi*, так и *B. caballi* являются клещи рода *Dermacentor* – доминирующий род на лошадиных пастбищах Горного Алтая [19].

У трех видов исследованных клещей (*D. silvarum*, *D. marginatus*, *D. nuttalli*) обнаружена ДНК трех видов пироплазмид (*B. caballi*, *T. equi* и *Babesia* sp.). Из них *B. caballi* была выявлена в большинстве исследованных локаций в клещах *D. silvarum* и *D. nuttalli*. Это первая в России находка *B. caballi* в клещах, подтвержденная молекулярными методами. В соседней с Республикой Алтай Монголии в клещах *D. nuttalli* ранее также была обнаружена ДНК *B. caballi* [15]. Несмотря на более широкое распространение *T. equi* в крови лошадей, этот возбудитель в клещах был обнаружен лишь в единичном случае (0,2%). Это может быть связано с тем, что в отличие от *B. caballi*, *T. equi* не может передаваться трансвариально новому поколению. Считается, что клещи передают *T. equi* от зараженных к незараженным животным преимущественно в результате прерывистого питания самцов и частой смены хозяев [2, 17]. Единичная находка *T. equi* в собранной с растительности самке может быть связана со случайным прерыванием прокармливания самки или с редким случаем прокармливания на лошади нимфы *D. nuttalli* и последующей трансвариальной передачи патогена.

Впервые на территории России в собранном с растительности *D. marginatus* были выявлены бабезии, схожие с патогенами крупного рогатого скота *B. occutans*. В соседнем с Горным Алтаем Казахстане *B. occutans* также была обнаружена в *D. marginatus*, однако, клещи были сняты с крупного рогатого скота [2]. Все эти находки указывают на необходимость дальнейшего изучения в Горном Алтае зара-

женности клещей пироплазмидами с использованием молекулярно-генетических методов.

### Заключение

Паразитирующие на лошадях клещи были представлены двумя родами (*Dermacentor* и *Ixodes*) и 5 видами (*D. reticulatus*, *D. marginatus*, *D. silvarum*, *D. nuttalli* и *Ix. persulcatus*). В трех провинциях доминируют клещи рода *Dermacentor*: в Северном Алтае – *D. silvarum*, 54,1%, в Центральном Алтае – *D. nuttalli*, 40,4%, в Юго-Восточном Алтае – *D. nuttalli*, 97,1%, на Западном Алтае – *Ix. persulcatus*, 34,8%. В Горном Алтае наиболее многочисленным оказался вид *D. nuttalli* – 61,8%. Экстенсивность заражения среди животных различных провинций не имеет существенных различий (69,2–88,0%) и, в среднем, составила 81,8%.

В сборах на пастбищах зарегистрированы клещи трех родов (*Dermacentor*, *Ixodes*, *Haemaphysalis*) и 6 видов: *D. nuttalli*; *D. silvarum*; *D. reticulatus*; *D. marginatus*; *H. concinna* и *Ix. persulcatus*. Наиболее многочисленным видом оказался *D. nuttalli* (56,1%), наиболее распространенным – *Ix. persulcatus* (17,5%), который регистрировали во всех районах, кроме районов Юго-Восточного Алтая. На долю *D. silvarum* приходится 14,9%, остальные виды представлены в меньшей степени. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на пастбищах Северного Алтая – 5 видов, в Юго-Восточном Алтае зарегистрирован только один вид – *D. nuttalli*.

Наибольшая численность клещей зарегистрирована на степном высокогорном пастбище в Кош-Агачском районе Юго-Восточного Алтая – 495,0 экз. на флаго/км, наименьшая – на пастбище лесного луга низкогорья в Майминском районе Северного Алтая – 35,0 экз. на флаго/км.

На пастбище в Шебалинском районе Северного Алтая в начале сезона появляются и доминируют клещи рода *Dermacentor*, с середины мая доминирование переходит к роду *Ixodes* и продолжается до первой декады июля, затем вновь преобладают клещи рода *Dermacentor* и в конце сезона клещи представлены исключительно этим родом. В целом, сезонная динамика характеризуется двумя пиками численности, весенним – третья декада апреля и осенним – вторая декада октября. На весенне-летний период (март-июнь) при-

ходится 87,1% учтенных клещей, на осенний (сентябрь-октябрь) – 7,2%. Высокая численность присосавшихся паразитов приходится на апрель-май, в осенний период встречаются только одиночные экземпляры. Рекомендуются осуществлять защиту от пастбищных клещей всех выпасающихся животных в период с апреля по первую декаду июня (70 сут), а в осенний период - по показаниям численности присосавшихся клещей.

У трех видов исследованных клещей (*D. silvarum*, *D. marginatus*, *D. nuttalli*) обнаружена ДНК трех видов пироплазмид (*B. caballi*, *T. equi* и *Babesia* sp.). Зараженность клещей пироплазмидами составила 2,7–25,0%, а, в среднем, по Горному Алтаю – 2,7%.

### Список источников

1. Айбыкова Ч. Т., Архипова Н. Д., Шатрובה Е. В. Иксодовые клещи у лошадей Улаганского района Республики Алтай // «Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий»: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. Горно-Алтайск, 2019. С. 217-221.
2. Будник В. С. Новые данные о механизме передачи возбудителя нутталлиоза лошадей пастбищным клещом (*Dermacentor marginatus* Sulz) // Ветеринария. 1955. № 8. С. 36-43.
3. Заика А. В. Иксодофауна и пироплазмидозы лошадей в республике Тыва: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск: ТГУ, 2003. 19 с.
4. Марченко В. А., Рар В. А., Бирюков И. В. Профилактическая эффективность препаратов при пироплазмидозах лошадей в Горном Алтае // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16, № 3. С. 359–366. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-3-359-366>
5. Огуреева Г. Н. Ботаническая география Алтая. М.: Наука, 1980. 187 с.
6. Померанцев Б. И. Фауна СССР (паукообразные) / под ред. Е. Н. Павловского. М., 1950. Т. IV, Вып. 2. 223 с.
7. Попов В. М. Иксодовые клещи Западной Сибири. Томск: ТГУ, 1962. 258 с.
8. Рар В. А., Марченко В. А., Ефремова Е. А., Сунцова О. В., Лисак О. В., Тикунов А. Ю., Мельцов И. В., Тикунова Н. В. Идентификация и генетическая характеристика этиологического агента пироплазмидоза лошадей на территории Западной и Восточной Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 2. С. 224-229. <https://doi.org/10.18699/VJ18.351>
9. Решетников А. Д., Барашкова А. И., Прокопьев З. С. Иксодовые клещи (Ixodida: Ixodidae) Якутии // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 5-1. С. 141-143.
10. Семенов П. В. Распространение иксодовых клещей и гемоспоридиозы лошадей в Алтайском крае // Сборник научных работ СибНИВИ. 1954. Вып. V. С. 233-260.
11. Семенов П. В. Клещи семейства Ixodidae и гемоспоридиозы лошадей Алтайского края: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Барнаул, 1957. 21 с.
12. Федоров В. Г. Клещи Ixodidae на лошадях в Западной Сибири // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1969. Т. 37, Вып. 5. С. 618-620.
13. Шучинова Л. Д. Встречаемость иксодовых клещей с аномалиями экзоскелета и их зараженность вирусом клещевого энцефалита в Республике Алтай // Российский паразитологический журнал. 2014. № 2. С. 18-21.
14. Шучинова Л. Д., Злобин В. И. Клещевые трансмиссивные инфекции Республики Алтай. Барнаул, 2019. 195 с.
15. Battsetseg B., Xuan X., Ikadai H., Bautista J. L., Byambaa B., Boldbaatar D., Battur B., Battsetseg G., Batsukh Z., Igarashi I., Nagasawa H., Mikami T., Fujisaki K. Detection of *Babesia caballi* and *Babesia equi* in *Dermacentor nuttalli* adult ticks. *Int. J. Parasitol.* 2001; 31(4): 384-386. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(01)00120-5)
16. Gui Z., Wu L., Cai H. et al. Genetic diversity analysis of *Dermacentor nuttalli* within Inner Mongolia, China. *Parasites Vectors.* 2021; 14: 131. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04625-5>
17. Sang C., Yang M., Xu B., Liu G., Yang Y., Kairullayev K., Bauyrzhan O., Hazihan W., Hornok S., Wang Y. Tick distribution and detection of *Babesia* and *Theileria* species in Eastern and Southern Kazakhstan. *Ticks Tick Borne Dis.* 2021;12 (6): 101817. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101817>
18. Sazmand A., Bahari A., Papi S., Otranto D. Parasitic diseases of equids in Iran (1931–2020): a literature review. *Parasites Vectors.* 2020; 13: 586. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04472-w>
19. Scoles G. A., Ueti M. W. Vector ecology of equine piroplasmiasis. *Annu. Rev. Entomol.* 2015; 60: 561-580. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento010814-021110>

Статья поступила в редакцию 03.02.2023; принята к публикации 10.04.2023

Об авторах:

**Марченко Виктор Алексеевич**, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (656910, г. Барнаул, Научный городок, 35), г. Барнаул, Российская Федерация, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-0802-064X, oestrus@mail.ru

**Рар Вера Александровна**, Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8), г. Новосибирск, Российская Федерация, кандидат биологических наук, ORCID ID:0000-0002-5930-5306, rarv@niboch.nsc.ru

**Бирюков Иван Владимирович**, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (656910, Российская Федерация, г. Барнаул, Научный городок, 35), г. Барнаул, Российская Федерация, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0003-0802-064X, ivan.219@mail.ru

Вклад соавторов:

**Марченко Виктор Алексеевич** – создание дизайна исследования, проведение научно-исследовательской работы, сбор и анализ данных, подготовка статьи.

**Рар Вера Александровна** – проведение научно-исследовательской работы, анализ полученных результатов исследования, подготовка статьи.

**Бирюков Иван Владимирович** – проведение научно-исследовательской работы, подготовка статьи.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Aibykova Ch. T., Arkhipova N. D., Shatrubova E. V. Ixodid ticks in horses of the Ulagansky District of the Altai Republic. «Aktual'nyye problemy sel'skogo khozyaystva gornykh territoriy»: sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = "Current issues of agriculture in mountainous areas": collected materials of the VII International Scientific and Practical Conference. Gorno-Altaysk, 2019; 217-221. (In Russ.)
2. Budnik V. S. New data on the transmission mechanism of the causative agent of equine nuttalliosis by the pasture tick (*Dermacentor marginatus* Sulz). *Veterinariya = Veterinary Medicine*. 1955; 8: 36-43. (In Russ.)
3. Zaika A. V. Ixodid tick fauna and piroplasmiasis of horses in the Republic of Tyva: autoref. dis. ... Cand. biol. Sci. Tomsk: TSU, 2003; 19. (In Russ.)
4. Marchenko V.A., Rar V.A., Biryukov I.V. Prophylactic efficacy of drugs against equine piroplasmiasis in Gorny Altai. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (3): 359-366. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-3-359-366>
5. Ogureeva G. N. Botanical geography of Altai. M.: Nauka, 1980; 187. (In Russ.)
6. Pomerantsev B. I. Fauna in the USSR (arachnids). Edited by E. N. Pavlovsky. M., 1950; 4 (2): 223. (In Russ.)
7. Popov V. M. Ixodid ticks in Western Siberia. Tomsk: TSU, 1962; 258. (In Russ.)
8. Rar V. A., Marchenko V. A., Efremova E. A., Suntsova O. V., Lisak O. V., Tikunov A. Yu., Meltsov I. V., Tikunova N. V. Identification and genetic characterization of the etiological agent of equine piroplasmiasis in Western and Eastern Siberia. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22 (2): 224-229. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ18.351>
9. Reshetnikov A. D., Barashkova A. I., Prokopiev Z. S. Ixodid ticks (Ixodida: Ixodidae) of Yakutia. *Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty sovremennoy nauki = Theoretical and applied aspects of modern science*. 2014; 5-1: 141-143. (In Russ.)
10. Semenov P. V. Distribution of ixodid ticks and hemosporidial infections of horses in the Altai Territory. *Sbornik nauchnykh rabot SibNIVI = Collection of scientific works of the SibNIVI*. 1954; 5: 233-260. (In Russ.)
11. Semenov P. V. Ticks of the Ixodidae family and hemosporidial infections of horses in the Altai Territory: autoref. dis. ... Cand. Vet. Sci. Barnaul, 1957; 21. (In Russ.)
12. Fedorov V. G. Ixodidae on horses in Western Siberia. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 1969; 37 (5): 618-620. (In Russ.)
13. Shchuchinova L. D. The occurrence of ixodid ticks with exoskeleton anomalies and the infection with



- tick-borne encephalitis virus in the Altai Republic. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2014; 2: 18-21. (In Russ.)
14. Shuchinova L. D., Zlobin V. I. Tick-borne infections in the Republic of Altai. Barnaul, 2019; 195. (In Russ.)
  15. Battsetseg B., Xuan X., Ikadai H., Bautista J. L., Byambaa B., Boldbaatar D., Battur B., Battsetseg G., Batsukh Z., Igarashi I., Nagasawa H., Mikami T., Fujisaki K. Detection of *Babesia caballi* and *Babesia equi* in *Dermacentor nuttalli* adult ticks. *Int. J. Parasitol.* 2001; 31(4): 384-386. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(01)00120-5)
  16. Gui Z., Wu L., Cai H. et al. Genetic diversity analysis of *Dermacentor nuttalli* within Inner Mongolia, China. *Parasites Vectors*. 2021; 14: 131. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04625-5>
  17. Sang C., Yang M., Xu B., Liu G., Yang Y., Kairullayev K., Bauyrzhan O., Hazihan W., Hornok S., Wang Y. Tick distribution and detection of *Babesia* and *Theileria* species in Eastern and Southern Kazakhstan. *Ticks Tick Borne Dis.* 2021;12 (6): 101817. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101817>
  18. Sazmand A., Bahari A., Papi S., Otranto D. Parasitic diseases of equids in Iran (1931–2020): a literature review. *Parasites Vectors*. 2020; 13: 586. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04472-w>
  19. Scoles G. A., Ueti M. W. Vector ecology of equine piroplasmiasis. *Annu. Rev. Entomol.* 2015; 60: 561-580. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento010814-021110>

The article was submitted 03.02.2023; accepted for publication 10.04.2023

*About the authors:*

**Marchenko Viktor A.**, Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology (35, Nauchny Gorodok, Barnaul, 656910), Barnaul, Russia, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0003-0802-064X, oestrus@mail.ru

**Rar Vera A.**, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS (8 Lavrentieva pr., Novosibirsk, 630090, Russia), Novosibirsk, Russia, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID:0000-0002-5930-5306, rarv@niboch.nsc.ru

**Biryukov Ivan V.**, Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology (35, Nauchny Gorodok, Barnaul, 656910, Russia), Barnaul, Russia, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0003-0802-064X, ivan.219@mail.ru

*Contribution of co-authors:*

**Marchenko Viktor A.** – study design, research work, data collection and analysis, article preparation.

**Rar Vera A.** – research work, analysis of the study results, article preparation.

**Biryukov Ivan V.** – research work, article preparation.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Обзорная статья

УДК 619:576.89

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-365-377>

## Методы копрологической диагностики паразитозов животных

Ольга Александровна Панова<sup>1</sup>, Ольга Петровна Курносова<sup>2</sup>,  
Александр Валерьевич Хрусталев<sup>3</sup>, Михаил Владимирович Арисов<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>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. П. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

<sup>1</sup>panova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9254-0167>

<sup>2</sup>kurnosova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3248-8931>

<sup>3</sup>hrustalev@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4526-8719>

<sup>4</sup>arisov@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

### Аннотация

**Цель исследований** – провести обзор методов копрологической диагностики с учетом современных рекомендаций и предложений.

**Материалы и методы.** Изучены современные литературные источники по вопросам копрологических методов диагностики паразитозов.

**Результаты и обсуждение.** Прижизненная диагностика является важным элементом практической ветеринарной деятельности, успешность которой во многом зависит от правильного выбора и грамотного применения подходящих лабораторных методов. Для диагностики паразитарных болезней чаще всего используют исследование фекалий. Копрологические методы отличает высокая информативность благодаря тому, что они позволяют обнаружить не только паразитов пищеварительного тракта, печени, поджелудочной железы, но и целый ряд гельминтов дыхательной системы и даже некоторых тканевых паразитов, выделяющих яйца или личинки с фекалиями. В отличие от существующих косвенных иммунологических и молекулярно-генетических методов классические методы исследований основываются на обнаружении и идентификации непосредственно самих возбудителей на разных стадиях развития. При этом у исследователя появляется возможность изучения морфологических признаков и проведения морфометрического анализа. Широкое применение классических копрологических методов связано также с их доступностью, они достаточно просты в исполнении и сравнительно недороги. Ограничением копрологических методов является невозможность диагностировать возбудителей, находящихся на непропагативной стадии. На эффективность диагностики влияют способ сбора проб, сроки и условия транспортировки, выбор адекватного метода исследования образцов. В статье приведены правила отбора проб и варианты применения фиксаторов, дана классификация копрологических методов, описан порядок выполнения исследований. Отдельное внимание уделено выбору флотационных растворов, методу культивирования личинок стронгилид и методу споруляции ооцист кокцидий. Обращается внимание на важность микрометрических измерений обнаруживаемых объектов. Для обеспечения качества проводимых копрологических исследований необходим внутрिलाбораторный контроль этапов исследований, технического состояния оборудования и обучение персонала. Материал, изложенный в статье, предназначен как для обучающихся, так и практикующих специалистов.

**Ключевые слова:** копрологическая диагностика, фекалии, методы, паразиты, гельминты, простейшие

**Благодарность.** Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), составляющей основу государственного задания № FGUG2022-0012.

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



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

Конфликт интересов отсутствует.

**Для цитирования:** Панова О. А., Курносова О. П., Хрусталева А. В., Арисов М. В. Методы копрологической диагностики паразитозов животных // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 365–377.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-365-377>

© Панова О. А., Курносова О. П., Хрусталева А. В., Арисов М. В., 2023

Review article

## Methods of coprological diagnostics of animal parasitoses

Olga A. Panova<sup>1</sup>, Olga P. Kurnosova<sup>2</sup>, Alexander V. Khrustalev<sup>3</sup>, Mikhail V. Arisov<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>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", Moscow, Russia

<sup>1</sup>panova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9254-0167>

<sup>2</sup>kurnosova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3248-8931>

<sup>3</sup>hrustalev@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4526-8719>

<sup>4</sup>arisov@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

### Abstract

**The purpose of the research** is to review the classical methods of coprological diagnostics, taking into account modern recommendations and proposals.

**Materials and methods.** Literature sources on the issues of coprological methods of diagnosing parasitosis have been studied.

**Results and discussion.** Diagnosis during life is an important element of practical veterinary activity, the success of which largely depends on the correct choice and competent use of suitable laboratory methods. For the diagnosis of parasitic diseases, the study of feces is most often used. Coprological methods are highly informative due to the fact that they can detect not only parasites of the digestive tract, liver, pancreas, but also a number of helminths of the respiratory system and even some tissue parasites that excrete eggs or larvae with feces. Unlike existing indirect immunological and molecular genetic methods, classical research methods are based on the detection and identification of the pathogens themselves at different stages of development. At the same time, the researcher has the opportunity to study morphological features and conduct morphometric analysis. The widespread use of classical coprological methods is also associated with their availability, they are quite simple to perform and relatively inexpensive. A limitation of coprological methods is the inability to diagnose pathogens that are at a non-propagative stage. The effectiveness of diagnostics is influenced by the method of collecting samples, the terms and conditions of transportation, and the choice of an adequate method for examining samples. The article presents the rules for sampling and options for the use of fixatives, a classification of coprological methods is given, and the procedure for performing research is described. Special attention is paid to the choice of flotation solutions, the method of cultivation of strongylid larvae and the method of sporulation of coccidia oocysts. Attention is drawn to the importance of micrometric measurements of detected objects. To ensure the quality of the conducted coprological studies, it is necessary to control the stages of the studies, the technical condition of the equipment and train the personnel. The material presented in the article is intended for both students and practitioners.

**Keywords:** coprological diagnostics, faecal examination, methods, parasites, helminths, protozoa

**Acknowledgements.** The work was carried out within the framework of the Program of Fundamental Scientific Research in the Russian Federation for a long-term period (2021–2030), which forms the basis of state task No. FGUG-2022-0012.

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Panova O. A., Kurnosova O. P., Khrustalev A. V., Arisov M. V. Methods of coprological diagnostics of animal parasitosis. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):365–377. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-365-377>

© Panova O. A., Kurnosova O. P., Khrustalev A. V., Arisov M. V., 2023

## Введение

Для обнаружения и определения видового состава паразитов, обитающих в организме животных, применяют методы прижизненной и посмертной (послеубойной) диагностики. Прижизненная лабораторная диагностика основана на трех основных подходах: 1) прямом обнаружении и идентификации возбудителей (гельминтов или их фрагментов, простейших, насекомых, клещей, яиц или личинок), 2) опосредованном иммунологическом подходе – детекция антигенов возбудителей или антительного ответа на них, 3) обнаружении генетического материала возбудителей [1-3, 5, 8, 10, 17].

В клинической практике методы диагностики паразитарных болезней подбираются в зависимости от локализации возбудителей и с учетом особенностей их биологического цикла развития. Наиболее распространенная лабораторная практика – исследование фекалий животных. Относительно недорогие и простые копрологические исследования позволяют выявить не только паразитов желудочно-кишечного тракта, но и паразитов печени, а также дыхательной системы, яйца или личинки которых заглатываются с мокротой. Нередко в фекалиях обнаруживают транзитных паразитов: слизиваемые с кожи и шерстных покровов (как правило, это собственные эктопаразиты), паразиты жертвы (у хищных и всеядных животных) и ооцисты/яйца/личинки возбудителей, поедаемых с фекалиями других животных или человека.

Методы исследования фекалий основаны на обнаружении и идентификации различных стадий возбудителей и исследовании их характерных морфологических особенностей, являясь приоритетными в лабораторной диагностике паразитозов [1, 5, 16, 17].

### 1. Отбор проб

Пробы фекалий предпочтительно отбирать из прямой кишки животного, чтобы избежать загрязнения личинками свободноживущих нематод. При отсутствии такой возможности пробы берут с земли (или пола), не касаясь поверхности. У крупных животных фекалии берут индивидуально, указывая кличку и номер животного у свиней, овец, кроликов и пушных зверей – чаще групповым способом. Сбор фекалий проводят в сухие водонепроницаемые емкости: баночки из стекла или полимеров, пластиковые пакеты, пластиковые контейне-

ры, одноразовые перчатки или перчатки для ректальной пальпации, вывернутые внутрь, с обязательной нестираемой маркировкой и описью проб в сопроводительном документе. В сопроводительном документе указывают вид, номер, пол и возраст животного, место, время отбора проб с указанием лица, ответственного за отбор. Для выявления изначальной картины зараженности взятие проб следует проводить до планируемой противопаразитарной обработки; исследования, проведенные после лечения, позволяют судить о его эффективности [1, 10, 11, 16].

Отбирают не менее 10 г фекалий. Если нет возможности исследовать пробы в течение двух часов, то их следует хранить при 4°C в холодильнике, но не более 48 ч. В качестве фиксатора для более длительного хранения наиболее часто используют 5–10%-ный забуференный раствор формалина. Этот консервант является хорошим общим фиксатором и для яиц гельминтов, и для цист простейших. Использование формалина для фиксации образцов имеет дополнительное преимущество, заключающееся в инактивации других организмов (грибы, бактерии, дрожжи), которые могут присутствовать в пробе фекалий [10, 17].

Хранимые в формалине (одна часть фекалий, девять частей 10%-ного формалина) пробы в течение длительного времени остаются пригодными для исследований, хотя эффективность исследований со временем снижается. Так, после 200 сут хранения в 10%-ном формалине обнаруживают только 50% яиц стронгилид жвачных. Внутренняя морфология цист простейших сохраняется до 6 мес. [1, 10].

Если необходимо провести исследование на лямблиоз, фекалии помещают в фиксатор на основе поливинилового спирта в соотношении один к двум (одна часть фекалий и две части поливинилового спирта) или в 5%-ный формалин для фиксации и транспортировки. Трофозоиты плохо сохраняются в формалине и недостаточно хорошо окрашиваются в последующем. Кроме того, в стандартных контейнерах для мазков можно транспортировать в лабораторию мазки фекалий, выполненные на предметных стеклах и окрашенные различными методами (железным гематоксилином, по Гимзе, Гомори и др.) [17].

Нередко фекалии исследуют повторно. Это связано с получением отрицательных резуль-

татов при явной клинической картине, если подозревается, что возбудители не достигли пропативной стадии развития [11].

## 2. Обзор, классификация и применение копрологических методов для диагностики различных групп паразитозов

Классические методы копрологических исследований относительно простые, не требуют дорогостоящего и сложного оборудования, но это не снижает их диагностической ценности. Эффективность таких исследований определяется правильным выбором метода, квалификацией персонала и хорошо налаженным оборудованием.

Перед проведением исследований следует обратить внимание на общий вид фекалий, консистенцию, цвет, запах, наличие примесей крови или слизи. К примеру, анкилостомы у собак вызывают кровотечения в тонком отделе кишечника, что приводит к темным, нередко черным, смолистым фекалиям. При кишечном трихомонозе кошек отмечают мягкий стул с большим количеством слизи и резким неприятным запахом.

### 2.1 Исследование на гельминтозы

Гельминтокопрологические методы исследования – это методы исследования фекалий для выявления гельминтозов. Они подразделяются на методы гельминтоскопии, гельминтоовоскопии и гельминтоларвоскопии.

Гельминтоскопия. При осмотре фекалий можно обнаружить самих паразитов или их фрагменты – наиболее часто членики цестод. Пробу фекалий внимательно осматривают невооруженным глазом и с помощью лупы. Важно осмотреть стенки и крышку тары с пробой, так как членики цестод могут сохранять подвижность и выползать за пределы фекальной массы. Обнаруженные гельминты и их фрагменты извлекают и помещают в физиологический раствор для дальнейшего изучения и определения вида [1, 17].

Гельминтоскопия особенно эффективна после диагностической дегельминтизации. Следует учитывать, что гельминты, особенно погибшие, могут располагаться не только на поверхности фекалий, но и в глубине фекальных масс. В таком случае пробу фекалий помещают в банку, смешивают с 5–10-кратным количеством отстоявшейся воды, тщательно перемешивают и оставляют отстаиваться. Че-

рез 15–20 минут верхний слой сливают, осадок снова перемешивают с чистой водой и опять отстаивают, повторяя данную процедуру до получения просветленного (отмытого) осадка. Процедуру отмывания можно ускорить, вылив водную суспензию фекалий в мешочек из мельничного газа (диаметр пор 300 мкм) и тщательно промыв проточной водой. Отмытый осадок просмотреть в чашке Петри на темном фоне и/или под бинокулярной лупой, разбавляя небольшим количеством воды или физиологического раствора [1].

Обнаруженных гельминтов и их фрагменты извлекают (препаровальной иглой с загнутым концом, пипеткой), помещают на предметное стекло и исследуют под микроскопом. Членики цестод можно помещать между двумя предметными стеклами, слегка сжимать между ними и рассматривать невооруженным глазом и под лупой [1, 5].

Гельминтоовоскопия. Методы гельминтоовоскопии направлены на выявление яиц гельминтов в пробах фекалий. Чаще для обнаружения яиц выбирают методы обогащения (или концентрации). Они предназначены для концентрации яиц гельминтов и основаны на разнице удельного веса яиц, воды и флотационного раствора. Среди методов обогащения выделяют две группы – методы флотации и методы седиментации (или осаждения).

Флотация позволяет сконцентрировать яйца паразитов и избавиться от части мусора. Она основана на том, что яйца гельминтов имеют меньший удельный вес, чем флотационный раствор и всплывают к поверхностной пленке, где их можно собрать для микроскопического исследования. Преимуществом флотационного метода является возможность количественного подсчета обнаруженных яиц гельминтов. Флотационные методы недороги и просты в исполнении.

Осаждение основано на разнице удельного веса паразитарных объектов, воды или других растворов, имеющих невысокую плотность. Под собственным весом яйца гельминтов оседают на дно. Скорость осаждения можно существенно повысить, применяя центрифугирование. Метод используют для выделения яиц трематод, скребней, некоторых ленточных червей и нематод, которые плохо всплывают в флотационных растворах [16, 17].

При оксиурозе яйца гельминтов не выявляются при исследовании фекалий из-за того, что самки нематод откладывают яйца на кожу и слизистую оболочку в области ануса. Для диагностики этого гельминтоза применяют разновидность простого нативного мазка – скотч-тест с периаанальных складок или исследование нативного соскоба со слизистой оболочки анального отверстия.

**Гельминтоларвоскопия.** Для выделения личинок нематод из фекалий животных применяют методы гельминтоларвоскопии. Наиболее часто применяют метод Бермана, Вайда, Щербовича, Ветцеля-Орлова. Они основаны на смывании личинок нематод с поверхности фекалий и на способности личинок активно выползать из толщи фекалий в воду, особенно теплую. Чаще всего эти методы применяют для диагностики легочных гельминтозов.

При исследовании слизи, выделяемой при дефекации, можно обнаружить личинки стронгилоидесов методом простого мазка.

## 2.2 Исследование на протозоозы

Для диагностики кишечных простейших, выделяющих с фекалиями устойчивые неподвижные стадии: цисты, ооцисты, применяют те же методы, что и для обнаружения яиц гельминтов. Флотационный метод используют для выявления ооцист кокцидий, цист лямблий (гиардий), амев и балантидиев. Для некоторых видов кокцидий, к примеру *Eimeria leuckarti* лошадей, с крупными и тяжелыми ооцистами более подходят методы осаждения.

Для обнаружения трофозоитов используют методы исследования нативного и/или окрашенного мазка фекалий. При исследовании эмульгированных фекалий обнаруживают вегетативные стадии простейших, сохраняющие свою подвижность. При исследовании слизи, выделяемой при дефекации, можно обнаружить подвижные трофозоиты лямблий, трихомонад и балантидиев. В смывах из прямой кишки диагностируют возбудителя кишечного трихомоноза.

Дополнительная окраска образцов позволяет выявить и дополнительно идентифицировать трофозоиты или ооцисты/цисты простейших.

Для проведения копрологических исследований на паразитов предложены коммерческие наборы. Однако, удобство наборов со-

пряжено подчас с потерей чувствительности – используется малое количество фекалий, не всегда имеется возможность центрифугировать образец и т. п.

## 3. Техника лабораторного копрологического анализа

### 3.1 Методы флотации

Принцип флотационного метода заключается в способности менее плотных, чем флотационный раствор, частичек всплывать наверх к поверхностной пленке после смешивания флотационного раствора и пробы фекалий. Этот процесс может происходить медленнее, если смесь пассивно отстаивается в течение требуемого времени, либо флотация ускоряется путем центрифугирования смеси [10, 17].

**Выбор флотационных растворов.** Все методы флотации основаны на всплытии яиц гельминтов, ооцист/цист простейших и личинок во флотационных растворах. Чем выше удельный вес (УВ) флотационного раствора, тем большее число объектов будет всплывать. Однако, диапазон применяемых флотационных растворов ограничивается – по мере увеличения удельного веса раствора будет всплывать больше сопутствующего мусора, ухудшающего качество исследования и повышающего время, затраченное на исследование, а также возрастает риск повреждения паразитарных объектов гиперосмотическим раствором. Это ограничивает диапазон удельного веса применяемых растворов от 1,18 до 1,35.

В настоящее время отработано множество как простых однокомпонентных флотационных растворов, так и двух- и многокомпонентных. К флотационным растворам, широко используемым в ветеринарной паразитологии, относятся раствор сахара и различные солевые растворы. Ни один раствор не подходит для диагностики всех паразитов сразу [17]. Основные растворы приведены в таблице 1.

Широко применяют солевые растворы. Насыщенные растворы хлорида натрия (УВ 1,20) и сульфата магния (УВ 1,32), раствор нитрата натрия ненасыщенный (УВ 1,2) и насыщенный (УВ 1,33-1,35) недороги, их легко купить и приготовить; они эффективны для обнаружения яиц гельминтов и цист простейших [8, 11].

Флотационные растворы нитрата натрия, насыщенного раствора хлорида натрия, насыщенного раствора сульфата магния и 33%-

Таблица 1 [Table 1]

**Основные флотационные растворы, применяемые при диагностике паразитозов**  
**[The main flotation solutions used in the diagnosis of parasitosis]**

Флотационный раствор [Flotation solution]	Состав [Structure]	Плотность, г/см <sup>3</sup> [Density, g/cm <sup>3</sup> ]
<i>Однокомпонентные [One-component]</i>		
Хлорид натрия [Sodium chloride]	Насыщенный раствор [Saturated solution] NaCl 500 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,20
Сульфат цинка [Zinc sulfate]	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 330 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,20
	ZnSO <sub>4</sub> 436 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,30
	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 685 г, H <sub>2</sub> O 685 мл	1,35
Нитрат натрия [Sodium nitrate]	NaNO <sub>3</sub> 315 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,20
	Насыщенный раствор [Saturated solution] NaNO <sub>3</sub> 1000 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,33–1,35
Сульфат магния [Magnesium sulfate]	MgSO <sub>4</sub> 350 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,28
	Насыщенный раствор [Saturated solution] MgSO <sub>4</sub>	1,32
Сахарный раствор Шитера [Sheeter's sugar solution]	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> 550 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,30
Нитрат аммония [Ammonium nitrate]	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 1500 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,30
Тиосульфат натрия [Sodium thiosulfate]	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O 1750 г	1,40
<i>Двухкомпонентные [Two-component]</i>		
Сахароза и формальдегид [Sucrose and formaldehyde]	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> 454 г, CH <sub>2</sub> O раствор (40 %) 6 мл, H <sub>2</sub> O 355 мл	1,20
Нитрат натрия и тиосульфат натрия [Sodium nitrate and sodium thiosulfate]	NaNO <sub>3</sub> 250 г, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O 300 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,30
	NaNO <sub>3</sub> 300 г, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O 620 г, H <sub>2</sub> O 530 мл	1,45
Хлорид натрия и хлорид цинка [Sodium chloride and zinc chloride]	NaCl 210 г, ZnCl <sub>2</sub> 220 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,35
Сахароза и нитрат натрия [Sucrose and sodium nitrate]	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> 540 г, NaNO <sub>3</sub> 360 г, H <sub>2</sub> O до 1000 мл	1,35
<i>Многокомпонентные [Multicomponent]</i>		
Сахароза, нитрат натрия и тиосульфат натрия [Sucrose, sodium nitrate and sodium thiosulfate]	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> 1200 г, NaNO <sub>3</sub> 1280 г, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O 1800 г, H <sub>2</sub> O 720 мл	1,45

ного раствора сульфата цинка не будут надежно поднимать большую часть яиц трематод, некоторых ленточных червей и нематод. Для их диагностики целесообразно применять растворы с более высоким удельным весом или применять для исследования методы седиментации [8, 16, 17].

Цисты лямблий быстро разрушаются в большинстве флотационных растворов. Если требуется их обнаружение, лучшим выбором для флотации является 33%-ный раствор сульфата цинка (УВ 1,18), который не вызывает быстрого разрушения цист лямблий [11, 17].

При применении солевых растворов микроскопирование препаратов следует проводить сразу после их приготовления, поскольку по мере высыхания соль кристаллизуется, что затрудняет дальнейшее исследование.

Приготовление флотационных растворов. Соль насыпают в эмалированную емкость (кастрюлю/ведро) с теплой водой при постоянном помешивании и постоянном нагревании до полного растворения соли, при необходимости доводят до кипения. Оставляют остывать до комнатной температуры. Процеживают через фильтр, или слой ваты, или марлю, сложенную в 4 раза, помещенные в воронку. Полученный флотационный раствор переливают в бутылки с плотно закрывающейся крышкой. Образующийся на дне сосуда осадок соли является признаком насыщенности раствора и не является индикатором плохого качества раствора.

После приготовления флотационного раствора сахара и его остывания до комнатной температуры, добавляют формальдегид для предотвращения бактериального роста и потери УВ при хранении.

Обязательным является контроль плотности флотационного раствора после приготовления. Ежедневно, перед началом работы, контролируют плотность раствора. Измерение проводят ареометрами для солевых растворов [1, 5, 11, 17]. Наличие ареометра и проведение им контрольных измерений плотности растворов солей в лаборатории следует рассматривать как часть контроля качества лабораторной работы.

Метод пассивной флотации. Для этого метода рекомендованы флотационные растворы нитрата натрия и насыщенные солевые растворы. Однако, чувствительность данного метода будет ниже по сравнению с методом флотации с центрифугированием.

Порядок выполнения: смешивают 3–5 г фекалий с небольшим количеством флотационного раствора в стаканчике объемом 30–50 мл. Смесь фекалий и флотационного раствора процеживают через двойной слой марли или ситечко в пробирку (можно взять пробирку объемом 12–15 мл), но чаще в другой такой же стакан.

Пробирку заполняют флотационным раствором до образования выпуклого мениска, накрывают покровным стеклом и отстаивают не менее 10 минут для растворов нитрата натрия, не менее 20 минут – для хлорида натрия. Если используют стакан с более широким горлом, то его заполняют флотационным раствором (30–50 мл) и отстаивают на ровной поверхности то же время.

По истечении времени покровное стекло снимают и помещают на предметное стекло для последующего исследования. При использовании стакана поверхностную пленку снимают паразитологической петлей (диаметр 8–10 мм), выполненной из тонкой проволоки [1, 17].

Этот вариант метода не рекомендуется проводить с 33%-ным раствором сульфата цинка и раствором сахара [11, 17].

Метод флотации с центрифугированием. Независимо от используемого флотационного раствора центрифугирование ускоряет процесс поднятия частиц и повышает эффективность флотации. Центрифугирование необходимо при использовании растворов с низкой плотностью или раствора сахара из-за его высокой вязкости, которые замедляют процесс флотации.

Порядок выполнения: смешивают 3–5 г фекалий с небольшим количеством флотационного раствора в стаканчике. Фекалии, которые трудно разбить, можно измельчить с помощью ступки и пестика или погрузить в воду до размягчения.

Смесь фекалий и флотационного раствора процеживают через двойной слой марли или ситечко (диаметр пор 0,25–0,5 мм) в центрифужную пробирку объемом 12–15 мл.

Если центрифуга имеет ротор с подвесными стаканами (бакет-ротор), центрифужные пробирки заполняют флотационным раствором до образования выпуклого (положительного) мениска и сверху устанавливают покровное стекло. Пробирку центрифугируют с покровным стеклом. Если центрифуга имеет угловой ротор, пробирку заполняют смесью фекалий и флотационного раствора как можно более полно и центрифугируют без покровного стекла и крышки [17].

Центрифугирование проводят в течение 5 минут при 1000–1500 об/мин. Тормоз у центрифуги не используют, важно дать ей плавно остановиться. Любое подергивание и встряхивание пробирки может сместить яйца/ооцисты паразитов с поверхностной пленки.

После центрифугирования есть несколько способов сбора поверхностной пленки. Если центрифугирование проходило с покровным стеклом, то оно снимается с пробирки строго вертикально и перемещается на предметное стекло.

Если центрифугирование проходило без покровного стекла, поверхностную пленку снимают паразитологической петлей (диаметр 8–10 мм), выполненной из тонкой проволоки. Снимают 4–5 капель поверхностной пленки; рекомендуется добавить каплю воды и накрыть покровным стеклом. Также можно извлечь пробирку из центрифуги, поместить в штатив, заполнить флотационным раствором до образования выпуклого мениска, закрыть покровным стеклом и дать отстояться еще 5–10 минут, после чего покровное стекло снимается и помещается на предметное.

Если образец фекалий содержит большое количество примесей (жира, слизи, крупных частичек корма), выполняют первоначальную промывку водой. Тогда на этапе 1.1 пробу изначально замачивают в отстоянной во-



допроводной воде, хорошо перемешивают, суспензию процеживают через двойной слой марли или ситечко (диаметр пор 0,25–0,5 мм) в центрифужную пробирку объемом 50 мл. Центрифугируют 3–5 минут при 800–1000 об/мин. Надосадочную жидкость удаляют сливанием и только после этого к отмытому осадку добавляют флотационный раствор. Смесь с флотационным раствором переносят в центрифужную пробирку объемом 12–15 мл и далее исследование выполняют в соответствии с пунктами 1,3–1,4. Такой подход называют также комбинированным методом исследования, когда поочередно применяют метод осаждения (седиментации в воде) и метод флотации [10].

### 3.2 Методы осаждения

Простой метод седиментации. Порядок выполнения: смешивают 50 мл водопроводной отстоянной воды с 5 г фекалий (или 100 мл воды с 10 г фекалий), процеживают через сито в стакан или другую емкость. Смесь отстаивают 20–30 мин., после чего надосадочную жидкость сливают. Снова добавляют воду, смесь тщательно перемешивают и процедуру осаждения повторяют. При необходимости этот этап повторяют до 5 раз, пока надосадочная жидкость не станет прозрачной. По мере отмывания осадка и уменьшения концентрации взвеси время отстаивания постепенно сокращают до 5 мин.

Несколько капель осадка переносят на предметное стекло, при необходимости разбавляют дополнительно водой (для достижения оптимальной прозрачности) и накрывают покровным стеклом для последующего микроскопирования. Можно добавить одну каплю 0,1%-ного метиленового синего к полученному при седиментации осадку. Он окрашивает фон мусора в синий цвет, но не окрашивает яйца трематод, которые выделяются желтовато-коричневым цветом. Добавление капли жидкого мыла или средства для мытья посуды в воду помогает освободить яйца от окружающего мусора [16, 17].

Метод формалин-эфирного/формалин-ацетатного осаждения. Порядок выполнения: в стаканчик вносят 1–1,5 г фекалий с 10 мл 10%-ного формалина, тщательно перемешивают до образования гомогенной суспензии.

Смесь процеживают через два слоя марли, либо через сито в центрифужную пробирку объемом 15 мл. Раствором 10%-ного форма-

лина объем доводят до 10 мл. К суспензии добавляют 3 мл эфира (или этилацетата), пробирку закрывают пробкой и энергично перемешивают встряхиванием.

Поскольку органические растворители могут растворять некоторые пластиковые центрифужные пробирки, для проведения этого метода рекомендуется использовать стеклянные или полипропиленовые пробирки.

Пробирку центрифугируют при 1000–1500 об/мин в течение 3–5 минут. После центрифугирования содержимое пробирки распределяется на 4 слоя: верхний слой эфира, слой жирных остатков, прилипших к стенке пробирки, слой формалина и слой осадка. Препаровальной иглой обводят слой жирных остатков и три верхних слоя выливают в одно движение, оставляя осадок.

Каплю осадка переносят на предметное стекло, при необходимости разбавляют дополнительно водой (для достижения оптимальной прозрачности) и накрывают покровным стеклом для последующего микроскопирования [1, 16, 17].

Стоит помнить, что эфир и этилацетат токсичные летучие вещества, легко воспламеняются. Их хранят в специальных шкафах и используют только под вытяжкой (или в хорошо вентилируемых помещениях).

### 3.3 Методы ларвоскопии

Для проведения исследования фекалий методами ларвоскопии важно, чтобы образец был свежим. Если исследуют старый образец, то возможно вылупление личинок из яиц или развитие в образце свободноживущих нематод, что затруднит идентификацию. К примеру, личинки анкилостом плотоядных могут созреть и вылупиться на третьи сутки и их можно спутать с личинками легочных гельминтов или стронгилоидесов [1, 5, 16, 17].

Метод Бермана. Для метода Бермана требуются стеклянные воронки, зажимы, резиновые трубки (около 10 см), металлические сеточки и штатив для закрепления воронок. Резиновую трубку надевают на узкий конец стеклянной воронки, укрепляют зажим, воронку устанавливают на штативе. На верхний край воронки кладут металлическую сеточку. В таком аппарате личинки, помещенные с фекалиями на сеточку, мигрируют из образца и падают в трубку, где концентрируются над зажимом.

Порядок выполнения: помещают не менее 10 г фекалий на кусок двухслойной марли и кладут на сеточку, установленную на воронку. Наливают в воронку теплую воду (40–45 °С), чтобы нижняя часть сетки с фекалиями была погружена в воду. Важно, чтобы углы марли не свешивались за край воронки, потому что они будут действовать как фитили для воды.

Образец оставляют на 8–10 ч, удобно на ночь, при комнатной температуре. Личинки начинают активно переходить в теплую воду и концентрируются в нижней части резиновой трубки. По окончании сливают осадок (первые 10 мл жидкости) в центрифужную пробирку, центрифугируют 2–3 минуты при 800–1000 об/мин., надосадочную жидкость сливают, осадок исследуют. Можно первые 3 капли слить на предметное стекло, осторожно ослабив зажим [1, 3, 8, 17].

**Метод Вайда.** Обычно метод применяют при исследовании фекалий плотной консистенции от овец, коз, оленей. Берут 3–5 шариков фекалий, помещают на часовое стекло с теплой водой на 5–10 минут. За это время шарики фекалий переворачивают в воде 1–2 раза, затем их удаляют, а жидкость исследуют под микроскопом непосредственно в часовом стекле [1, 2, 5].

**Метод Щербовича.** Используют при исследовании фекалий рыхлой консистенции, как правило, крупного рогатого скота. Пробу фекалий в количестве 10–15 г помещают в марлевый узелок и опускают в стакан с водой на 3–5 ч. Кончики марли закрепляют к пинцету или палочке, которая устанавливается на края стакана, чтобы узелок с фекалиями не опускался на дно стакана. По истечении указанного срока пробу фекалий выбрасывают, верхний слой жидкости из стакана сливают, а осадок помещают в часовое стекло и исследуют под микроскопом [1, 5].

### 3.4 Культивирование личинок стронгилид

Копытные животные заражены множеством видов нематод отр. Strongylida, яйца которых однотипны и их трудно дифференцировать. В ветеринарной практике, как правило, нет необходимости идентифицировать отдельные виды, поскольку лечение и борьба обычно направлены на всю группу нематод, а не на отдельный вид. Если требуется идентификация родов стронгилид, наиболее удобным методом является

культивирование яиц до третьей личиночной стадии. У жвачных животных и лошадей этот метод используют для специфической идентификации родов стронгилид [17].

Порцию свежих фекалий животного в количестве 10–30 г помещают в чашку Петри или стакан, увлажняют, закрывают и оставляют или в термостате при температуре 25–27 °С на 7 сут, или при комнатной температуре 10–20 сут. По мере подсыхания пробу фекалий слегка увлажняют водой. Необходима ежедневная аэрация и перемешивание проб. По истечении указанных сроков пробу фекалий исследуют методом Бермана, описанным выше [1, 5].

По методу Ветцеля-Орлова после культивирования личинок, стакан с фекалиями заполняют водой, выдерживают 15–20 минут, затем верхний слой осторожно сливают, отстаивают и осадок исследуют в часовом стекле под микроскопом.

Личинок гельминтов из фекалий можно культивировать также на фильтровальной бумаге (метод Харада и Мори в модификациях). На фильтровальную бумагу размером 16 × 3,5 см тонким слоем наносят фекалии, края бумаги оставляют свободными. Бумагу помещают в банку, заполненную водой так, чтобы нижний край бумаги, свободный от фекалий, был погружен в воду. В течение 5–6 дней выдерживают в термостате при 28 °С. Личинки развиваются из яиц и спускаются по фильтровальной бумаге на дно банки. По окончании инкубации фильтровальную бумагу извлекают из банки, жидкость исследуют под лупой. Также возможно отцентрифугировать жидкость и исследовать осадок под микроскопом [5].

Основными параметрами, по которым дифференцируют рода и отдельные виды нематод отр. Strongylida у личинок 3-й стадии (L3), являются размеры личинок, форма и число кишечных клеток, форма личинок и особенности строения хвоста (длина, форма) (Cernea L. M., 2008). Идентификацию личинок стронгилид проводят по руководству «Ветеринарная клиническая паразитология» Zajac A. M. и Conboy G. A. (2012), атласу диагностики стронгилид лошадей Cernea L. M. с соавт. (2008), определителю Lichtenfels с соавт. (2008), статье морфометрической идентификации инфекционных личинок циатостом лошадей (Nematoda: Cyathostominae) Kornas с соавт. (2009) и др. [1, 6, 7, 12, 14, 17].

### 3.5. Метод споруляции ооцист кокцидий

Ооцисты кокцидий идентифицируют на основании числа и морфологии спороцист и спорозоитов, образуемых в процессе созревания (спорогонии) ооцисты в естественных или лабораторных условиях. Спорогония или споруляция – это процесс формирования спорозоитов кокцидий из зиготы [1-3, 9].

Метод споруляции в лабораторных условиях. Порядок выполнения: смешивают небольшое количество фекалий с 2,5%-ным раствором бихромата калия. Выкладывают полученную смесь тонким слоем в чашку Петри и инкубируют при 25–27 °С не менее трех дней. Обязательна ежедневная аэрация чашек Петри.

Срок созревания ооцист различается у разных видов кокцидий. К примеру, *Isospora felis* от кошек достигнет инвазионной стадии за 1–3 сут, *Eimeria bovis* и *Eimeria ellipsoidalis* от коров спорулируют за 2–3 сут, *Eimeria zuernii* – за 2–10, а *Eimeria bukidnonensis* – за 5–27 сут. Поэтому процесс созревания нужно контролировать каждые 24 ч.

В процессе споруляции и по ее истечению делают простой мазок фекалий на стекло или применяют метод флотации. Обращают внимание на размеры самой ооцисты, размеры и число спороцист и спорозоитов у ооцисты [3, 16].

Определение проводят по определителю паразитических простейших Levine N. D. (1970), Крылова М. В. (1996), по книге под ред. Степановой Н. И. (1982), Dubey J. P. (2019) и др. [1-3, 9, 13].

### 3.6. Исследование мазков фекалий

Для исследования мазков фекалий используют малый объем проб, поэтому чувствительность методов будет низкой, и он эффективен только в случае, если интенсивность инвазии высокая. Не всегда просто идентифицировать объекты, поскольку они могут быть покрыты детритом. Также нет возможности количественно оценить результаты. Данный метод не рекомендован для рутинных анализов фекалий, его необходимо комбинировать с методами концентрации [16, 17].

Простой мазок. Метод заключается в микроскопировании нативных (не окрашенные) тонких мазков образца. На предметное стекло наносят несколько капель физиологического

раствора, в них помещают частичку исследуемых фекалий (3–5 мг) и тщательно размешивают. Вода разрушает трофозоиты простейших, ее применять не рекомендуется. Суспензию накрывают покровным стеклом. Препарат должен быть достаточно тонким для хорошей визуализации всех слоев, распознавания простейших и характера их движений [16, 17].

Окрашенные мазки. Нативные препараты при идентификации простейших можно дополнительно окрашивать, но предварительно провести изучение нативного (не окрашенного) препарата. Водный раствор Люголя (йод кристаллический 1,0 г, калия иодид 2,0 г, вода до 100 мл) окрашивает внутреннюю структуру цист, но убивает трофозоиты. Применяют краски для идентификации *Cryptosporidium*, включая окраски по Цилю–Нильсену, Гимзе или карбол-фуксином. Окраску трихромом широко используют в медицине для обнаружения цист лямблий. Однако, этот краситель в ветеринарной практике применяют не часто [16, 17].

## 4. Техника микроскопирования

Для исследования препаратов достаточно 100-кратного увеличения микроскопа, обеспечиваемое имеющимися у большинства микроскопов 10-кратным окуляром и 10-кратным объективом. Большинство яиц гельминтов можно обнаружить и при меньших увеличениях, но простейших можно пропустить, поэтому их не рекомендуется использовать. Большие увеличения (в 200 и 400 раз) необходимы для проведения измерений размеров объектов и идентификации простейших. Для увеличения контрастности поля зрения и лучшей визуализации цист/яиц/личинки можно сильнее диафрагмировать конденсор микроскопа или переместить его в нижнее [1].

Просматривать обязательно весь препарат для полноты исследования. Это особенно важно при проведении количественной оценки инвазии. Также, нужно помнить о разных плоскостях исследования – яйца гельминтов и цисты простейших, как правило, располагаются на разных уровнях препарата и изменение фокуса микровинтом необходимо при просмотре каждого поля зрения.

Иногда для экономии в лабораториях не используют покровные стекла. Однако, препарат без покровного стекла быстро высохнет

и его нельзя исследовать под объективом 40×; это может стать причиной не полного исследования препарата и некорректной идентификации объектов [1].

### 5. Диагностические признаки возбудителей гельминтозов

Для видовой идентификации яиц гельминтов при микроскопии препаратов обращают внимание на следующие морфологические признаки:

**Размеры.** Микрометрия имеет решающее значение при идентификации возбудителей. Для каждого вида гельминта характерна определенная величина яиц; измеряют длину и ширину и сравнивают со средними значениями для вида. К примеру, яйца анкилостом и унцинарий у псовых можно дифференцировать только на основании размеров – яйца *Ancylostoma caninum* 58–76 × 36–42 мкм, яйца *Uncinaria stenocephala* 70–90 × 40–50 мкм [1, 15].

**Форма яиц.** Яйца гельминтов имеют округлую форму, эллипсоидную, вытянутую в разной степени, иногда ассиметричные.

Толщина оболочки яиц разных видов гельминтов сильно различается. Важно обращать внимание на рисунок и рельеф наружной оболочки – она может быть гладкой (*Toxascaris leonina*, *Fasciola hepatica*), с сетчатым (*Capillaria putorii*) или точечным (тениидные яйца) рисунком, ямчатой (*Toxocara canis*) или бугристой (*Ascaris suum*).

**Цвет.** Яйца некоторых видов гельминтов окрашены в желто-коричневый цвет (у большинства трематод), у других – изначально бесцветны, но окрашиваются пигментами желудочно-кишечного тракта в темно-желтый или коричнево-бурый цвет (яйца аскарид); встречаются и неокрашенные яйца, например, у анкилостоматид, остриц.

Наличие морфологических особенностей: крышечки и шипика (яйца трематодного типа), пробочки на обоих полюсах (яйца капиллярий и трихурид), крючки у зародыша (3 пары у онкосферы в яйцах цепней), наличие грушевидного аппарата (у аноплочефалид).

При диагностике стоит учитывать, что при исследовании несвежего материала, ооцисты простейших/яйца гельминтов некоторых видов могут активно развиваться и за 1–3-и сутки достичь инвазионной стадии, что отразится на морфологии [16, 17].

### 6. Контроль качества копрологических исследований

Для обеспечения качества проводимых копрологических методов исследования в лаборатории необходимо регулярно проводить контроль этапов исследования, проверять техническое состояние оборудования, обучать и тестировать персонал.

Микроскопы должны содержаться в исправном состоянии. Линзы объективов и окуляры следует регулярно очищать с помощью очистителя для линз и мягких неволокнящихся салфеток.

Удельный вес флотационных растворов подлежит проверке после приготовления и еженедельно с помощью ареометров для солевых растворов соответствующей плотности. Нельзя приступать к исследованию, если есть сомнения в соответствии удельного веса флотационного раствора требуемым показателям.

Для окулярной линейки перед началом работы с ней необходимо высчитать цену деления на всех увеличениях объективов микроскопа.

Особое внимание нужно уделять обучению персонала, выполняющего копрологические исследования, повышать уровень знаний в идентификации и морфометрии возбудителей [1].

### Список источников

1. Арисов М.В., Панова О.А., Хрусталева А.В., Курносова О.П., Сысоева Н.Ю., Гламаздин И.Г. Классические копрологические методы диагностики паразитозов животных: учебно-методическое пособие. М.: ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, 2022. 36 с. <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-0-8.2022>
2. Котельников Г. А. Гельминтологические исследования животных и окружающей среды. М.: Колос, 1984. 208 с.
3. Крылов М. В. Определитель паразитических простейших. Санкт-Петербург, 1996. 603 с.
4. Степанова Н. И., Казаков Н. А., Заблоцкий В. Т. и др. Протозойные болезни сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1982. 352 с.
5. Черепанов А. А., Москвин А. С., Котельников Г. А., Хренов В. М. Дифференциальная диагностика гельминтозов по морфологической структуре яиц и личинок возбудителей. Атлас. М.: Колос, 2001. 77 с.
6. Brianti E., Giannetto S., Traversa D., Chirgwin S. R., Shakya K., Klei T. R. In vitro development of cyathostomin larvae from the third stage larvae

- to the fourth stage: morphologic characterization, effects of refrigeration, and species-specific patterns. *Veterinary Parasitology*. 2009; 163: 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.029>
7. *Cernea L. M., Carvalho L. M. M. de, Vasile C., Raileanu S.* Atlas of Diagnosis of Equine Strongyloidosis. Cluj-Napoca: AcademicPres, 2008; 123.
  8. *Cringoli G., Rinaldi L., Veneziano V., Capelli G., Scala A.* The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Veterinary Parasitology*. 2004; 123: 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.05.021>
  9. *Dubey J. P.* Coccidiosis in livestock, poultry, companion animals, and humans. CRC Press Taylor & Francis Group, 2019; 398. <https://doi.org/10.1201/9780429294105>
  10. *Foreyt W. J.* Veterinary parasitology reference manual. 5th ed., John Wiley & Sons, 2013; 256.
  11. *Kaufmann J.* Parasitic infections of domestic animals: a diagnostic manual. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 1996; 423.
  12. *Kornas S., Gawor J., Cabaret J., Molenda K., Skalska M., Nowosad B.* Morphometric identification of equid cyathostome (Nematoda: Cyathostominae) infective larvae. *Veterinary Parasitology*. 2009; 162. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.018>
  13. *Levine N. D., Iyens V.* The Coccidian Parasites (Protozoa, Sporozoa) of Ruminants. University of Illinois press Urbana, Chicago and London, 1970; 304.
  14. *Lichtenfels J. R., Kharchenko V. A., Dvojnok G. M.* Illustrated Identification Keys to Strongyloid Parasites Strongylidae Nematoda of Horses Zebras and Asses Equidae. Manter Laboratory of Parasitology. 2008; 634. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.04.026>
  15. *Lucio-Forster A., Liotta J. L., Yaros J. P., Briggs K. R., Mohammed H. O., Bowman D. D.* *J. Parasitol.* 2012; 98 (5):1041-1044. <https://doi.org/10.1645/GE-2928.1>.
  16. *Paul A., White A. G., Barger A. M.* Parasitology, chapter 6: Clinical pathology and laboratory techniques for veterinary technicians / edited by A. M. Barger and A. L. MacNeill. Blackwell Publishing, 2015; 265.
  17. *Zajac A. M., Conboy G. A., Little S. E., Reichard M. V.* Veterinary clinical parasitology. 9th edn. Wiley-Blackwell, Chichester, 2021; 432.

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; принята к публикации 10.08.2023

Об авторах:

**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](mailto:panova@vniigis.ru)

**Курносова Ольга Петровна**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-3248-8931, [kurnosova@vniigis.ru](mailto:kurnosova@vniigis.ru)

**Хрусталеv Александр Валерьевич**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0002-4526-8719, [hrustalev@vniigis.ru](mailto:hrustalev@vniigis.ru)

**Арисов Михаил Владимирович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор РАН, ORCID ID: 0000-0002-2103-8468, [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru)

Вклад соавторов:

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

**Курносова Ольга Петровна** – исследование материала, обзор публикаций по теме статьи, разработка дизайна опытов, написание текста рукописи.

**Хрусталеv Александр Валерьевич** – определение возбудителей, анализ полученных данных, разработка дизайна рукописи.

**Арисов Михаил Владимирович** – разработка дизайна опытов.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Arisov M.V., Panova O.A., Khurstalev A.V., Kurnosova O.P., Sysoeva N.Yu., Glamazdin I.G. Classical coprological methods for diagnosing parasitosis in animals: a teaching aid. M.: VNIIP – branch of the FGBNU FNTs VIEV RAS, 2022. - 36 p. <https://doi.org/10.31016/978-5-6048555-0-8.2022>
2. Kotelnikov G. A. Helminthological studies of animals and the environment. M.: Kolos, 1984; 208. (In Russ.)

3. Krylov M. V. Key to parasitic protozoa. St. Petersburg, 1996; 603. (In Russ.)
4. Stepanova N. I., Kazakov N. A., Zablotsky V. T. et al. Protozoal diseases of farm animals. 1982; 352. (In Russ.)
5. Cherepanov A.A., Moskvina A.S., Kotelnikov G.A., Khrenov V.M. Differential diagnosis of helminthiasis according to the morphological structure of eggs and larvae of pathogens: Atlas. M.: Kolos, 2001; 77. (In Russ.)
6. Brianti E., Giannetto S., Traversa D., Chirgwin S. R., Shakya K., Klei T. R. In vitro development of cyathostomin larvae from the third stage larvae to the fourth stage: morphologic characterization, effects of refrigeration, and species-specific patterns. *Veterinary Parasitology*. 2009; 163: 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.029>
7. Cernea L. M., Carvalho L. M. M. de, Vasile C., Raileanu S. Atlas of Diagnosis of Equine Strongylidosis. Cluj-Napoca: AcademicPres, 2008; 123.
8. Cringoli G., Rinaldi L., Veneziano V., Capelli G., Scala A. The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Veterinary Parasitology*. 2004; 123: 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.05.021>
9. Dubey J. P. Coccidiosis in livestock, poultry, companion animals, and humans. CRC Press Taylor & Francis Group, 2019; 398. <https://doi.org/10.1201/9780429294105>
10. Foreyt W. J. Veterinary parasitology reference manual. 5th ed., John Wiley & Sons, 2013; 256.
11. Kaufmann J. Parasitic infections of domestic animals: a diagnostic manual. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 1996; 423.
12. Kornas S., Gawor J., Cabaret J., Molenda K., Skalska M., Nowosad B. Morphometric identification of equid cyathostome (Nematoda: Cyathostominae) infective larvae. *Veterinary Parasitology*. 2009; 162. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.018>
13. Levine N.D., Iyens V. The Coccidian Parasites (Protozoa, Sporozoa) of Ruminants. University of Illinois press Urbana, Chicago and London, 1970; 304.
14. Lichtenfels J. R., Kharchenko V. A., Dvojnjos G. M. Illustrated Identification Keys to Strongylid Parasites Strongylidae Nematoda of Horses Zebras and Asses Equidae. Manter Laboratory of Parasitology. 2008; 634. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.04.026>
15. Lucio-Forster A., Liotta J. L., Yaros J. P., Briggs K. R., Mohammed H. O., Bowman D. D. J. *Parasitol.* 2012; 98 (5):1041-1044. <https://doi.org/10.1645/GE-2928.1>
16. Paul A., White A. G., Barger A. M. Parasitology, chapter 6: Clinical pathology and laboratory techniques for veterinary technicians / edited by A. M. Barger and A. L. MacNeill. Blackwell Publishing, 2015; 265.
17. Zajac A. M., Conboy G. A., Little S. E., Reichard M. V. Veterinary clinical parasitology. 9th edn. Wiley-Blackwell, Chichester, 2021; 432.

The article was submitted 14.06.2023; accepted for publication 10.08.2023

*About the authors:*

**Panova Olga A.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0001-9254-0167, [panova@vniigis.ru](mailto:panova@vniigis.ru)

**Kurnosova Olga P.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0002-3248-8931, [kurnosova@vniigis.ru](mailto:kurnosova@vniigis.ru)

**Khrustalev Alexander V.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-4526-8719, [hrustalev@vniigis.ru](mailto:hrustalev@vniigis.ru)

**Arisov Mikhail V.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), Moscow, Russian Federation, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the RAS, ORCID ID: 0000-0002-2103-8468, [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru)

*Contribution of co-authors:*

**Panova Olga A.** – study of the material, review of publications on the topic of the article, development of the design of experiments, writing the text of the manuscript.

**Kurnosova Olga P.** – study of the material, review of publications on the topic of the article, development of the design of experiments, writing the text of the manuscript.

**Khrustalev Alexander V.** – identification of pathogens, analysis of the obtained data, development of the design of the manuscript.

**Arisov Mikhail V.** – experimental design development.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 576.895.121.56

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-378-385>

## Эффективность сэндвич варианта иммуноферментной реакции для диагностики ларвального эхинококкоза у крупного рогатого скота в Азербайджанской Республике

Сиала Исмаил кызы Рустамова<sup>1</sup>, Александр Анатольевич Сизов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Министерство сельского хозяйства Азербайджана, Ветеринарный научно-исследовательский институт, Баку, Азербайджан

<sup>2</sup> Сибирский федеральный научный центр Агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Россия

<sup>1</sup> [siala.rustamova@gmail.com](mailto:siala.rustamova@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-8892-2613>

<sup>2</sup> [sizov\\_anatoliy@mail.ru](mailto:sizov_anatoliy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8918-7462>

### Аннотация

**Цель исследований** – разработка сэндвич варианта иммуноферментного анализа (ИФА) для лабораторной диагностики эхинококкоза животных.

**Материалы и методы.** Диагностическую эффективность разработанной нами тест-системы ИФА при цистном эхинококкозе крупного рогатого скота исследовали путём сравнения полученных результатов с данными послеубойного осмотра тушь животных. Были протестированы сыворотки 80 животных, доставленных на убойный пункт из фермерских хозяйств разных районов Азербайджанской Республики.

**Результаты и обсуждение.** Положительный результат при проведении ИФА был получен у 42 голов крупного рогатого скота, что составляет 52,5% от общего числа исследованных животных. Послеубойный диагноз подтверждён у 32 животных, что составляет 40,0%. Сравнение эффективности диагностики методом ИФА с данными послеубойного осмотра составило 68,75%. У 7 животных с положительным ответом при ИФА на эхинококкоз и отрицательным диагнозом при послеубойном осмотре, в желчных путях были обнаружены фасциолы, у одного – цистицерки теникольные.

**Ключевые слова:** эхинококкоз, крупный рогатый скот, печень, легкие, послеубойная диагностика, сэндвич вариант ИФА

**Благодарность.** Выражаем признательность ветеринарному врачу Рза Байрамову и сотрудникам Кишлинского мясозаготовительного предприятия г. Баку за помощь в проведении наших исследований.

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

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Для цитирования:** Рустамова С. И., Сизов А. А. Эффективность сэндвич варианта иммуноферментной реакции для диагностики ларвального эхинококкоза у крупного рогатого скота в Азербайджанской Республике // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 378–385.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-378-385>

© Рустамова С. И., Сизов А. А., 2023



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

Original article

# Efficiency of sandwich enzyme immunoassay for the diagnosis of larval echinococcus infection in cattle in the Republic of Azerbaijan

Siala Ismail Rustamova<sup>1</sup>, Alexander A. Sizov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ministry of Agriculture of Azerbaijan, Scientific-Research Veterinary Institute, Baku, Azerbaijan

<sup>2</sup> Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the RAS, industrial township of Krasnoobsk, Russia

<sup>1</sup> siala.rustamova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8892-2613>

<sup>2</sup> sizov\_anatoliy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8918-7462>

## Abstract

**The purpose of the research** is to develop a sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for laboratory diagnosis of echinococcosis in animals.

**Materials and methods.** The diagnostic efficiency of the ELISA test system developed by us against cystic echinococcus infection in cattle was studied by comparing the obtained results with the data of a postmortem examination of animal carcasses. The sera from 80 animals delivered to the slaughterhouse from farms of different regions of the Republic of Azerbaijan were tested.

**Results and discussion.** A positive ELISA test result was obtained in 42 animals, which was 52.5% of the total number of the animals studied. The postmortem diagnosis was confirmed in 32 animals, which was 40.0%. The comparison of the ELISA diagnostic efficiency with the postmortem examination data was 68.75%. *Fasciola* species were found in the bile ducts in 7 animals with a positive ELISA test response to echinococcosis and a negative diagnosis in the postmortem examination, and *Cysticercus tenuicollis* was found in one animal.

**Keywords:** echinococcosis, cattle, liver, lungs, postmortem diagnostics, sandwich ELISA

**Acknowledgements.** We express our gratitude to Veterinarian Rza Bayramov and the Kishli Meat Processing Enterprise staff of Baku for their assistance in our research

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Rustamova S. I., Sizov A. A. Efficiency of sandwich enzyme immunoassay for the diagnosis of larval echinococcus infection in cattle in the Republic of Azerbaijan. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):378–385. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-378-385>

© Rustamova S. I., Sizov A. A., 2023

## Введение

В аграрном секторе экономики Азербайджана в последние 30 лет произошёл ряд изменений, отразившихся на эпизоотологии инфекционных и инвазионных болезней. К этим изменениям можно отнести образования частных крупных и мелких животноводческих ферм, завоз и эксплуатация высокопродуктивных животных из-за рубежа, переход от экстенсивного на интенсивный характер ведения животноводства. В это же время в городах и селах появились небольшие убойные пун-

кты, где ветеринарно-санитарный контроль осуществляется неудовлетворительно. Запрет на отстрел диких животных (в том числе, представителей семейства псовых – волков, шакалов, лисиц и бродячих собак дефинитивных хозяев многих цестод), привел к широкому распространению этих животных в местах проживания людей и к их доступу к отходам переработки животноводческой продукции.

Исследования по вопросам эпизоотологии, диагностики и мер борьбы с эхинококкозом в последние годы носили отрывочный, бес-



системный характер. Особенно это касается лабораторной диагностики с применением современных диагностических средств.

Более активные исследования эхинококкоза животных и человека были проведены в конце прошлого столетия. В восьмидесятые годы прошлого столетия ежегодно в республике регистрировали 40–60 больных ларвальным эхинококкозом людей, из которых сельские жители составляли 56,2–63,3%. По данным И. А. Садыхова [1], зараженность крупного рогатого скота ларвоцистами *Echinococcus granulosus* колебалась в пределах 16,2–58,1%, овец 6,4–71,8%. Инвазированность эхинококками собак составляла 5,5–60%.

Установлены циклы развития *E. granulosus*, включающие волков и шакалов, с одной стороны, и диких жвачных, и кабанов, с другой. В Шекинском районе у собак и волков эхинококков находили, соответственно, в 36 и 17% случаев [1]. В Кура-Араксинской низменности ларвоцисты эхинококка обнаружены у 34,5% буйволов, 48,3% крупного рогатого скота и 71,8% овец [2]. В пригородах Баку ларвальными эхинококками заражено 19,6% крупного рогатого скота и 27,9% овец, а заражение собак *E. granulosus* составило 11,7% [4].

В бывшей Нахичеванской АССР Азербайджана в 1965–1988 гг. выявлено 58 больных ларвальным эхинококкозом людей. Овцы здесь заражены на 37,8%, крупный рогатый скот – на 28,7%. Из обследованных 172 собак эхинококки выявлены у 31 голов (18,0%), а из 228 проб почвы зараженной яйцами тениид оказалась 31 проба (13,6%) [3].

Проблема эхинококкоза человека и животных в Азербайджане продолжает оставаться актуальной. Так, по данным А. Н. Агаевой [5], экстенсивность инвазии овец ларвальным эхинококкозом в низменных районах Апшеронского полуострова и соседней Хызинской области была значительно выше, чем в высокогорных пастбищах и доходила до 45,1%. Плановой борьбы с этим гельминтозом в вышеуказанных областях, как правило, не проводилось.

В результате многолетних исследований установлена зараженность *E. granulosus* лисиц, шакалов и бродячих собак, обитающих в естественных, измененных и урбанизированных ландшафтах Азербайджанской Республики. В развитии и распространении этого опасного

гельминта ведущую роль играют бродячие собаки [8]. Наибольшую опасность представляют городские бродячие собаки. В отличие от сельских бродячих собак, городские, кроме бытовых отходов, могут питаться отбросами зараженных субпродуктов в неконтролируемых пунктах разделки сельскохозяйственных животных. У этих собак, кроме *E. granulosus*, нередко обнаруживали *Multiceps multiceps* и *Taenia hydatigena* [9].

О зараженности *E. granulosus* диких представителей семейства псовых в 2011 г. сообщал Г. Г. Фаталиев. По его данным, экстенсивность инвазии у шакалов составляет 15%, волков – 25,7, лис – 4,7% [5].

Эффективность противоэхинококковых мероприятий напрямую зависит от сроков выявления заболевания и стадии развития патологического процесса. Важным моментом в выявлении этого заболевания является использование современных диагностических методов.

Одними из возможных путей решения этой проблемы могут стать применение ультразвукового обследования [10], иммуноферментного анализа и молекулярно-биологических методов исследований [7]. В медицинских лечебных учреждениях Азербайджана используют сертифицированные сэндвич-системы ИФА (ЗАО «ЭКОЛАБ») в диагностике ларвального эхинококкоза человека. В то же время, в ветеринарных лабораториях республики серологические исследования эхинококкоза не проводят. В первую очередь, это связано со сложившимися тенденциями и с отсутствием необходимого набора реагентов для иммуноферментного анализа сыворотки животных.

Цель исследования – оценка диагностической эффективности созданного ИФА набора, сравнивая результаты исследования сыворотки с результатами послеубойного осмотра туш этих же животных.

## Материалы и методы

Работу выполняли в 2022 г. на базе НИИ ветеринарии МСХ Азербайджана и на Кешлинском мясозаготовительном комбинате г. Баку.

Учитывая отсутствие сертифицированной ветеринарной ИФА тест-системы на рынке Республики Азербайджан, были проведены эксперименты по получению эхинококкозно-

го антигена, пригодного для использования в иммуноферментном анализе.

Полученный на скотобойных пунктах гельминтологический материал гомогенизировали на механическом гомогенизаторе в фосфатном буфере (рН 7,2–7,4), после чего его обрабатывали ультразвуком в течение 10 мин. на ультразвуковом дезинтеграторе MSE 100 при амплитуде 8 мкм и мощности генератора 80 кГц. Полученную гомогенную суспензию замораживали в жидком азоте, после чего помещали в холодильник при 4 °С на 24 ч. Оттаявший гомогенат осветляли центрифугированием при 12 000 об/мин в течение 30 мин. на ультрацентрифуге с охлаждением.

В надосадочной жидкости замеряли белок спектрофотометрически по методу Калькара, после чего раствор антигена разливали в стеклянные флаконы и лиофильно высушивали для дальнейшего хранения.

Сенсибилизирующий раствор для сорбции на иммунологических планшетах готовили на основе карбонатно-бикарбонатного буфера (КББ, рН 9,5–9,7), растворяя в нем лиофильно высушенный антиген и доводя до концентрации 10 мкг/мл. Полученный раствор вносили в лунки иммунологического полистирольного планшета и инкубировали при 4 °С в течение 24 ч, после чего жидкость удаляли на автоматическом отмыльщике с последующей однократной промывкой. Высушенный иммунологический планшет использовали в дальнейшей работе.

В качестве остальных реактивов для проведения ИФА были использованы компоненты коммерческой ИФА тест-системы производства ООО НПФ «Сиббиотест» – «Цестода -IgG-антитела ИФА ВЕТ» (набор диагностический для выявления индивидуальных специфических антител класса G к антигенам ленточных червей в сыворотке (плазме) крови сельскохозяйственных животных (крупного и мелкого рогатого скота, свиней, лошадей, верблюдов) иммуноферментным методом ИФА).

В качестве положительного контроля (К+) использовали сыворотку крови, взятой перед убоем от крупного рогатого скота, у которого после убойного осмотра было обнаружено поражение печени эхинококковыми цистами, в качестве отрицательного контроля (К-) – сыворотку от коров, содержащихся в хозяйстве закрытого типа, благополучном по паразитарным болезням.

Результаты ИФА интерпретировали согласно инструкции, разработанной в ООО НПФ «Сиббиотест» для диагностического набора «Цестода -IgG-антитела ИФА ВЕТ». Перед проведением исследований сывороток крови животных определяли разницу между оптическими плотностями (ОП) проб, взятых от обеих контрольных групп. Разница ОП между К+ и К- превышала значение 0,35, что позволяло проводить дальнейшие работы с сыворотками крови тестируемых животных согласно инструкции.

Исследования по эффективности созданной тест системы ИФА проводили на сыворотках, полученных от коров, доставленных на мясозаготовительное предприятие, находившееся в г. Баку. Всего было исследовано 80 животных, туши которых после убоя подвергали осмотру на предмет обнаружения эхинококковых цист. Выбор мясозаготовительных предприятий г. Баку был связан с частым поступлением туда животных из разных районов Азербайджана, где расположены крупные рынки по торговле животными. Согласно документам, возраст коров колебался в пределах 5–7 лет. Животные были доставлены на скотобойню с частных фермерских хозяйств из 6 районов Азербайджана, географически расположенных друг от друга на достаточном отдалении, а именно, с Бардинского – 18 гол., Гейчаского – 12, Белоканского – 10, Абшеронского – 14, Шамахинского – 14, Агчагабульского – 12 гол.

Перед убоем от этих животных была получена сыворотка крови для проведения диагностических исследований методом ИФА на предмет выявления наличия иммуноглобулинов класса G. Исходно образцы проб крови отбирали в вакуумные контейнеры по 3–4 мл без добавления каких-либо наполнителей в соответствии с действующими методическими указаниями (В. П. Сергиев и др., МУ 3.2.1756-03 Методические указания. 3.2. Профилактика паразитарных болезней, 2003). Дальнейшие исследования сывороток проводили в лаборатории отдела иммунологии и вирусологии Азербайджанского научно-исследовательского института ветеринарии.

Эффективность ИФА диагностики по сравнению с результатами послеубойного осмотра, которые приняли за 100%, вычисляли по разности процентов между значениями согласно формуле:  $(a/b-1) \times 100$ , где: а – большее

число,  $b$  – меньшее число с дальнейшим вычитанием полученного результата из 100%.

### Результаты

Положительные результаты из 80 исследованных сывороток по ИФА оказались у 42 гол. (52,5%), а именно: из Бардинского района – у 14 гол. (77,7%), из Гейчайского – у 5 (41,7%), из Белоканского – у 5 (50,0%), из Ап-

шеронского – у 9 (64,3%), из Шамахинского – у 4 (28,5%), из Агчагабульско района – у 5 гол. (41,7%). Послеубойный диагноз ларвального эхинококкоза был выявлен у 32 коров. При этом из Бардинского района – у 9 гол. (50,0%), из Гейчайского – у 4 (33,3%), из Белоканского – у 3 (30,0%), из Апшеронского – у 6 (42,9%), из Шамахинского – у 4 (28,6%), из Агчагабульского района – у 6 гол. (33,3%) (рис. 1).

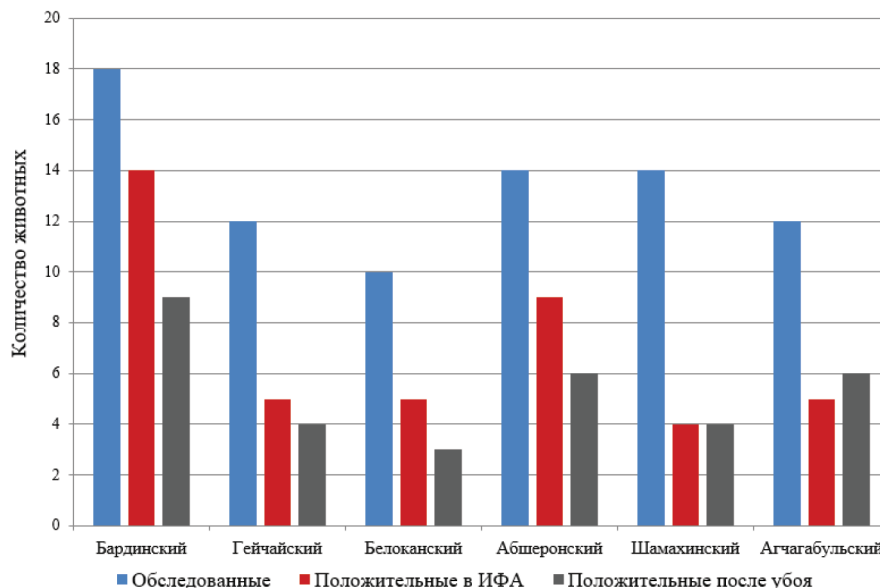


Рис. 1. Сравнительные результаты исследований крупного рогатого скота на заражённость эхинококкозом по некоторым районам Азербайджана

[Fig. 1. Comparative results of studies of cattle for infection with echinococcosis in some regions of Azerbaijan]

Все животные, у которых при послеубойном осмотре был обнаружен цистный эхинококкоз, при жизни выглядели истощенными. У четырех коров из Бардинского района, у двух из Апшеронского района и у одной из Агчагабульского района, имевших положительную реакцию на эхинококкоз при исследовании сыворотки с помощью ИФА, были обнаружены фасциолы в желчных протоках печени. Послеубойный диагноз на эхинококкоз у этих животных был отрицательный. Интенсивность инвазии во всех случаях была невысокой. У одного животного из Бардинского района, также имевшего положительный ответ при тестировании сыворотки методом ИФА, в брюшине были обнаружены несколько экземпляров *Cysticercus taenuicollis*. Тестирование сыворотки одной коровы из Агчагабульского

района дал отрицательный результат. Однако, при послеубойном осмотре в печени были обнаружены известные эхинококковые пузыри. Если взять за 100% достоверность результатов послеубойного осмотра туш животных на предмет зараженности цистным эхинококкозом, то, согласно формуле эффективность ИФА составила 68,75%.

### Обсуждение

Проведённые исследования показали, что в Азербайджане существует серьёзная проблема с эхинококкозом животных, что указывает на необходимость создания специфического набора ИФА для проведения диагностики эхинококкоза крупного рогатого скота, который отвечал бы требованиям высокой чувствительности, специфичности, воспроизводимости полученных

результатов, доступности и стабильности реагентов, простоты и быстроты проведения анализов, возможности проведения массовых исследований. Использование ИФА тест-системы даст возможность в случае положительных результатов анализа решить вопрос рационального использования таких животных в хозяйстве – провести лечебные мероприятия, если это молодое и ценное животное, или пустить на откорм с минимизацией затрат.

Обследованные нами на мясозаготовительных пунктах животные, были в продуктивном возрасте. Однако, дальнейшая эксплуатация этих коров нецелесообразна. Эти животные, в основном, мало упитанные и нередко в печени и лёгких у них обнаруживают пузыри разной величины. Мясо таких животных обычно бывает низкого качества, а субпродукты (печень, легкие) идут на утилизацию.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что проблема паразитарных болезней сельскохозяйственных животных и, в

частности, такого экономически важного и социально опасного заболевания как эхинококкоз, в Азербайджане стоит весьма остро и создание современных средств серозепазоологических исследований является актуальной задачей.

Эффективность метода созданной нами тест-системы ИФА составила 68%. Однако, ложноположительный ответ при зараженности животных другими паразитами показал недостаточную специфичность нашей тест-системы. Близкое антигенное родство возбудителя ларвального эхинококкоза *E. granulosus* с *C.s tenuicollis* не позволяет строго дифференцировать эти инвазии. Требуется проведение дальнейших исследований, в частности, получение антигена, строго специфичного в отношении *E. granulosus*, что позволит повысить эффективность и специфичность иммунологических тестов. Фотографии органов, пораженные ларвальной стадией *E. granulosus* и *Cysticercus tenuicollis*, приведены на рис. 2.



**Рис. 2.** Процесс работы в убойном пункте (А); эхинококковые цисты в сердце (В); эхинококковые цисты в печени (С); цистицерки тениукольные (D)  
**[Fig. 2.** Process of work in the slaughterhouse (A), echinococcal cysts in the heart (B); echinococcal cysts in the liver (C); *Cysticercus tenuicollis* (D)]

### Заключение

В производственных условиях испытана диагностическая эффективность иммуноферментной тест-системы на основе антигенов местного изолята *Echinococcus granulosus* для прижизненной диагностики этого заболевания у сельскохозяйственных животных. Эффективность применённого теста по сравнению с послеубойным исследованием тестируемых животных составила 68,7%.

Получен ложноположительный результат при тестировании животных, у которых были обнаружены фасциолы и цистицерки.

Из 80 тестируемых животных у 42 был положительный результат на эхинококкоз на основании ИФА, из которых у 32 голов наличие заболевания подтвердилось при послеубойном исследовании.

Проведенные работы подтвердили наличие проблемы с эхинококкозом животных в Азербайджане. Данное обстоятельство указывает на необходимость внедрения современных методов серодиагностики и разработки мер борьбы с этим зоонозом, опираясь на современные достижения науки.

### Список источников

1. Агаева А. Н. Распространение возбудителя эхинококкоза овец (*Echinococcus granulosus*) на территориях Апшеронского полуострова и Хызынского района Азербайджанской республики // Аграрная наука. 2020. №1. стр. 43-45. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-334-1-43-45>
2. Садыхов И. А. Заражённость домашних и диких представителей псовых *Echinococcus granulosus* в Шекинском районе Азербайджана // Тезисы докладов IX съезда Всесоюзного общества

гельминтологов АН СССР. Тбилиси, 1986. С. 139-140.

3. Садыхов И. А., Меликов Ю. Ф. К распространению эхинококкоза сельскохозяйственных животных в районах Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР // Сборник «Исследования по гельминтологии в Азербайджане». Баку, 1977. С. 88-89.
4. Салехов А. А., Джафаркулиев Ф. Д. Эпидемиологический надзор за эхинококкозами (методы, профилактика, борьба) // Материалы 4-й Всесоюзной научно-практической конференции. М., 1989. С. 130-132.
5. Фаталиев Г. Г. Гельминтофауна диких псовых Азербайджана и пути ее формирования // Паразитология. 2011. Т. 45. № 2. С. 129-139.
6. Чобанов Р. А., Салехов А. А. Методы профилактики и борьбы с эхинококкозами и другими цестодозами человека и животных // Тезисы докладов научной конференции. М., 1993. С. 92-94.
7. Gottstein B. Molecular and Immunological Diagnosis of Echinococcosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 1992; 5 (3): 248-261.
8. Ibrahimova R. Sh, Rzayev N. M. Comparative analysis of helminthofauna of various dog groups in Azerbaijan. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2017; 2: 20-26.
9. Ibrahimova R. Sh., Fataliyev G. H. Current State of Helminthofauna of Canids (Canidae) in Azerbaijan. *Bulletin of the ANAS (biology and medicine sciences)*. 2015; 70 (1): 35-38.
10. Wuestenberg J., Beate G., Suemeyra O., Richard A. M., Mark M. H., Tilmann G., Atilla S. A., Peter K., Wolfgang K. Diagnostics in cystic echinococcosis: Serology versus ultrasonography. *Turk. J. Gastroenterol*. 2014; 25: 398-404. doi: 10.5152/tjg.2014.7112

Статья поступила в редакцию 16.05.2023; принята к публикации 10.08.2023

Об авторах:

**Рустамова Сиала Исмаил**, ветеринарный научно-исследовательский институт Министерства сельского хозяйства Азербайджана (AZ1016, Низаминский район, шоссе Бейюк-шор, 8 пер.), г. Баку, Азербайджан, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ORCID ID: 0000-0001-8892-2613, [siala.rustamova@gmail.com](mailto:siala.rustamova@gmail.com)

**Сизов Александр Анатольевич**, Сибирский Федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук (630501, Россия, Новосибирская область, п. Краснообск, ул. Центральная), п. Краснообск, Россия, ведущий научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0001-8918-7462, [sizov\\_anatoliy@mail.ru](mailto:sizov_anatoliy@mail.ru)

Вклад соавторов:

**Рустамова Сиала Исмаил** – разработка дизайна исследования, проведение научно-исследовательских работ, сбор и анализ полученных данных, написание текста рукописи.

**Сизов Александр Анатольевич** – получение эхинококкового антигена, сбор и составление необходимых компонентов для проведения ИФА анализа.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Agayeva A. N. Distribution of the causative agent of echinococcosis (*Echinococcus granulosus*) in sheep in the territories of the Absheron Peninsula and Khizi District of the Republic of Azerbaijan. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2020; 1: 43-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-334-1-43-45>
2. Sadykhov I. A. Echinococcus granulosus infection of domestic and wild canids in the Sheki District of Azerbaijan. *Tezisy dokladov IX s"yezda Vsesoyuznogo obshchestva gel'mintologov AN SSSR = Abstracts of the IX Congress of the All-Union Society of Helminthologists of the Academy of Sciences of the USSR*. Tbilisi, 1986; 139-140. (In Russ.)
3. Sadykhov I. A., Melikov Yu. F. On the spread of echinococcosis in livestock animals in the regions of the Kura-Araz Lowland of the Azerbaijan SSR. *Sbornik «Issledovaniya po gel'mintologii v Azerbaydzhanе» = Collection "Research on helminthology in Azerbaijan"*. Baku, 1977; 88-89. (In Russ.)
4. Salekhov A. A., Jafarkuliev F. D. Epidemiological surveillance of echinococcosis (methods, prevention, and control). *Materialy 4-y Vsesoyuznoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Proceedings of the 4th All-Union Scientific and Practical Conference*. M., 1989; 130-132. (In Russ.)
5. Fataliev G. G. Helminth fauna of wild canids in Azerbaijan and formation ways. *Parazitologiya = Parasitology*. 2011; 45 (2): 129-139. (In Russ.)
6. Chobanov R. A., Salekhov A. A. Prevention and control methods of echinococcosis and other cestodosis in humans and animals. *Tezisy dokladov nauchnoy konferentsii = Abstracts of the Scientific Conference*. M., 1993; 92-94. (In Russ.)
7. Gottstein B. Molecular and Immunological Diagnosis of Echinococcosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 1992; 5 (3): 248-261.
8. Ibrahimova R. Sh, Rzayev N. M. Comparative analysis of helminthofauna of various dog groups in Azerbaijan. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2017; 2: 20-26.
9. Ibrahimova R. Sh., Fataliyev G. H. Current State of Helminthofauna of Canids (Canidae) in Azerbaijan. *Bulletin of the ANAS (biology and medicine sciences)*. 2015; 70 (1): 35-38.
10. Wuestenberg J., Beate G., Suemeyra O., Richard A. M., Mark M. H., Tilmann G., Atilla S. A., Peter K., Wolfgang K. Diagnostics in cystic echinococcosis: Serology versus ultrasonography. *Turk. J. Gastroenterol*. 2014; 25: 398-404. doi: 10.5152/tjg.2014.7112

The article was submitted 16.05.2023; accepted for publication 10.08.2023

## About the authors:

**Rustamova Siala Ismail**, Scientific-Research Veterinary Institute of the Ministry of Agriculture of Azerbaijan (8 per., Boyuk-Shor Highway, Nizami District, AZ1016), Baku, Azerbaijan, Candidate of Agricultural Sciences, Director, ORCID ID: 0000-0001-8892-2613, [siala.rustamova@gmail.com](mailto:siala.rustamova@gmail.com)

**Sizov Alexander A.**, Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (Centralnaya Str., Krasnoobsk Township, Novosibirsk Region, 630501, Russia), Krasnoobsk Township, Russia, Leading Researcher, ORCID ID: 0000-0001-8918-7462, [sizov\\_anatoliy@mail.ru](mailto:sizov_anatoliy@mail.ru)

## Contribution of co-authors:

**Rustamova Siala Ismail** – study design development, research work, data collection and analysis, manuscript text writing.

**Sizov Alexander A.** – obtained echinococcus antigen, necessary components collected and compiled for the ELISA test.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 619.616.995

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-386-399>

## Биотрансформация фенбендазола в организме овец после введения твердой дисперсии фенбендазола, полученной по механохимической технологии с арабиногалактаном

Иван Алексеевич Архипов<sup>1</sup>, Михаил Владимирович Арисов<sup>2</sup>,  
Салават Самадович Халиков<sup>3</sup>, Павел Павлович Кочетков<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> 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 – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

<sup>3</sup> Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН, Москва, Россия

<sup>1</sup> [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

<sup>2</sup> [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

<sup>3</sup> [salavatkhaliakov@mail.ru](mailto:salavatkhaliakov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

<sup>4</sup> [pkochetkov@gmail.com](mailto:pkochetkov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6688-5540>

### Аннотация

**Цель исследований** – изучение биотрансформации фенбендазола в организме овец после введения твердой дисперсии фенбендазола (ТДФ), полученной по механохимической технологии с арабиногалактаном.

**Материалы и методы.** ТДФ в дозе 2,0 мг/кг по ДВ назначали овцам перорально. Пробы сыворотки крови животных исследовали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемным масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС) с целью определения концентрации фенбендазола (ФБЗ) и его метаболитов сульфоксида и сульфона через 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 33, 48 и 72 ч после введения ТДФ и исходного ФБЗ (субстанции). Содержание остаточных количеств ФБЗ и его метаболитов в органах и тканях овец определяли через 1, 3, 6, 11 и 21 сут после введения препаратов. Описана пробоподготовка и валидация метода.

**Результаты и обсуждение.** Получена значительная разница в метаболизме, фармакокинетике и сроках выведения ФБЗ и его метаболитов после введения овцам базового препарата (субстанции ФБЗ) и ТДФ в равной дозе по 2,0 мг/кг по ДВ. ФБЗ и его метаболиты начали обнаруживать в сыворотке крови через 2 ч после введения ТДФ и через 4 ч после применения базового ФБЗ. Фармакокинетические параметры ФБЗ и его метаболитов характеризуют большую концентрацию препарата в крови и более продолжительное время его удержания в кровотоке после введения ТДФ по сравнению с показателями базового препарата. Максимальную концентрацию ФБЗ и его метаболитов обнаруживали в органах и тканях овец, получивших ТДФ на третьи сутки в количестве в печени ФБЗ  $4862,3 \pm 296,2$ ; сульфоксида  $18243,5 \pm 486,1$  и сульфона  $2482,3 \pm 132,4$  нг/г, а после введения базового ФБЗ на шестые сутки – в десятикратной меньшей концентрации. ФБЗ и его метаболиты не обнаруживали в органах и тканях овец на 16-е сутки после применения базового ФБЗ и на 21-е сутки после введения ТДФ.

**Ключевые слова:** фенбендазол, твердая дисперсия, сульфоксид, сульфон, фармакокинетика, сроки выведения, жидкостная хроматография, масс-спектрометрия, овцы

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

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

**Конфликт интересов отсутствует.**



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

**Для цитирования:** Архипов И. А., Арисов М. В., Халиков С. С., Кочетков П. П. Биотрансформация фенбендазола в организме овец после введения твердой дисперсии фенбендазола, полученной по механохимической технологии с арабиногалактаном // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 386–399.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-386-399>

© Архипов И. А., Арисов М. В., Халиков С. С., Кочетков П. П., 2023

Original article

## Biotransformation of fenbendazole in sheep after administration of fenbendazole solid dispersion prepared by mechanochemical technique with arabinogalactane

Ivan A. Arkhipov<sup>1</sup>, Michail V. Arisov<sup>2</sup>, Salavat S. Khalikov<sup>3</sup>, Pavel P. Kochetkov<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> 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

<sup>3</sup> A. N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the RAS, Moscow, Russia

<sup>1</sup> [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

<sup>2</sup> [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

<sup>3</sup> [salavatkhalikov@mail.ru](mailto:salavatkhalikov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

<sup>4</sup> [pkochetkov@gmail.com](mailto:pkochetkov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6688-5540>

### Abstract

**The purpose of the research** is to study the biotransformation of fenbendazole in the body of sheep after administration of fenbendazole solid dispersion (FSD) prepared by mechanochemical technique with arabinogalactan.

**Materials and methods.** The FSD at a dose of 2.0 mg/kg for the active substance was administered orally to sheep. Animal blood serum samples were studied by high performance liquid chromatography / tandem mass spectrometry (HPLC-TMS) to determine the concentration of fenbendazole (FBZ) and its sulfoxide and sulfone metabolites at 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 33, 48 and 72 hours after administered FSD and initial FBZ (substance). FBZ and its metabolite residual quantity in the organs and tissues of the sheep was determined at 1, 3, 6, 11, and 21 days after the drug administration. The prepared sample and validated method were described.

**Results and discussion.** A significant difference was found in the metabolism, pharmacokinetics, and timing of the FBZ and its metabolite elimination after the base drug (FBZ substance) and FSD were administered to sheep in an equal dose of 2.0 mg/kg for the active substance. FBZ and its metabolites began to be detected in blood serum 2 hours after the FSD and 4 hours after the base FBZ. Pharmacokinetic parameters of FBZ and its metabolites characterize a higher drug concentration in the blood and a longer retention time in the circulation after the FSD as compared with the base drug parameters. The FBZ and its metabolite maximum concentration was found in the organs and tissues of the sheep that received the FSD on day 3 in the liver amount of  $4862.3 \pm 296.2$  ng/g of FBZ;  $18243.5 \pm 486.1$  ng/g of sulfoxide; and  $2482.3 \pm 132.4$  ng/g of sulfone; and tens of times lower concentration after the base FBZ on day 6. FBZ and its metabolites were not detected in the organs and tissues of the sheep on day 16 after the base FBZ, and on day 21 after the FSD.

**Keywords:** fenbendazole, solid dispersion, sulfoxide, sulfone, pharmacokinetics, elimination time, liquid chromatography, mass spectrometry, sheep

**Acknowledgements.** The study was supported financially by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

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

**There is no conflict of interests.**



**For citation:** Arkhipov I. A., Arisov M. V., Khalikov S. S., Kochetkov P. P. Biotransformation of fenbendazole in sheep after administration of fenbendazole solid dispersion prepared by mechanochemical technology with arabinogalactan. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):386–399. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-386-399>

© Arkhipov I. A., Arisov M. V., Khalikov S. S., Kochetkov P. P., 2023

## Введение

Наиболее часто применяемым препаратом для лечения гельминтозов животных является фенбендазол (ФБЗ), который обладает широким спектром действия, включая нематод и цестод. Препарат эффективен в дозе 7,5–10 мг/кг против нематод, 15 мг/кг против легочных простотронгирид, в дозе 100 мг/кг против *Fasciola spp.* и *Dicrocoelium dendriticum* [1, 12]. На плотоядных животных доза препарата составляет 50 мг/кг трехкратно. ФБЗ безопасен в применении и не токсичен для животных, за исключением редких случаев диареи и рвоты [26, 30].

Антигельминтная активность препарата против трихоцефал ниже, чем против других нематод. В химическом отношении ФБЗ представляет собой 5-(фенистио)-2 бензимидазол карбамат. Механизм действия ФБЗ заключается в ингибировании активности фумарат редуктазы, снижении усвояемости гликогена в кишечнике гельминтов и нарушении микротубулярной функции и митохондриального метаболизма. ФБЗ ограниченно абсорбируется в желудочно-кишечном тракте животных из-за слабой растворимости в воде. При введении внутрь ФБЗ абсорбируется в желудочно-кишечном тракте и метаболизируется путем окисления в микросомах печени до сульфоксида ФБЗ (ФБЗ-SO) и сульфона ФБЗ (ФБЗ-SO<sub>2</sub>) [26, 30].

Согласно биофармацевтической системе классификации, ФБЗ относится к IV классу препаратов со слабой биодоступностью и плохой растворимостью и плохо адсорбируется слизистой оболочкой кишечника [29]. Этот факт приводит к снижению антигельминтной эффективности и требованию повышения дозы препарата для лечения гельминтозов. Использование механохимической технологии и метода комплексации «гость-хозяин» приводит к повышению растворимости, усвояемости, биодоступности и антигельминтной активности ФБЗ и изменению его фармакологических свойств [14]. Твердые

дисперсии фенбендазола (ТДФ) с натриевой солью глицерризиновой кислоты, поливинилпирролидоном, полученные методами механохимической технологии, показали повышение антигельминтной эффективности [2–4]. Результаты изучения физико-химических свойств ТДФ показали повышение растворимости, снижение размеров частиц, разрушение кристаллической структуры и образование аморфного состояния с включением антигельминтика в парах полимера после механохимической обработки [8, 9].

Целью наших исследований было изучение влияния механохимической обработки ФБЗ с арабиногалактаном (АГ) на фармакокинетику и биотрансформацию ФБЗ и его метаболитов в организме овец после перорального введения ТДФ в уменьшенной дозе 2 мг/кг по ДВ.

## Материалы и методы

Аналитический стандарт ФБЗ (99%) произведен Changzhou Yabang Pharmaceuticals (Jiangsu, Китай). Аналитические стандарты сульфоксида ФБЗ и сульфона ФБЗ (чистота  $\geq 99\%$ ), арабиногалактан, муравьиная кислота для ВЖХ/МС, формиат аммония (97%) получены от Sigma-Aldrich (Дармштадт, ФРГ), ацетонитрил для ВЖХ – от фирмы КриоХром (С.-Петербург, РФ), гидроксид аммония, этилацетат – от фирмы Chimmed (Москва). Все другие растворители, реагенты были в аналитически реагентном состоянии.

Приготовление ТДФ проводили в одну стадию механохимического процесса ФБЗ и водорастворимого полимера АГ (1 : 9) в шаровой мельнице LE-101 (Венгрия) в течение 4 ч при 60 оборотов в мин, в подвижной среде с металлическими шарами диаметром 23 мм и массой 110 г. Полученный порошок в форме ТД при смешивании с водой превращался в супрамолекулярный комплекс.

Фармакокинетические исследования проводили на 48 овцах в двух опытах. За 3 месяца

до опыта животных не дегельминтизировали. Баранчиков в возрасте 7–8 месяцев массой тела 32,3–38,2 кг перед опытом для акклиматизации содержали в течение 7 сут в станках. Кормили овец два раза в день, согласно зоотехнических норм, водой обеспечивали вволю. Всех животных каждый час в течение 12 ч после введения ТДФ и ежедневно в течение опыта осматривали для выяснения переносимости препарата [5]. Опыты проводили в соответствии с правилами хорошей лабораторной практики РФ [7].

Биотрансформацию ФБЗ и его метаболитов в организме овец изучали на 36 баранчиках в возрасте 6–8 месяцев, массой тела 31,6–35,3 кг, которые были разделены на две равноценные группы по 18 животных в каждой. Животные первой группы получали перорально ТДФ в форме 10%-ного порошка с водой в дозе 20 мг/кг, что соответствовало 2,0 мг/кг по ДВ. Овцы второй группы получали базовый препарат – субстанцию ФБЗ в дозе 2,0 мг/кг. На 1, 3, 6, 11, 16 и 21-е сутки после введения препаратов по три животных из каждой группы были убиты. Образцы мышечной ткани, сердца, легких, почек, печени, кожи/жира и фекалий по 30 г брали отдельно от каждого животного, помещали в пластмассовые контейнеры и хранили до анализов в холодильнике при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Определение концентрации ФБЗ и его метаболитов в экстрактах биоматриц овец проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemным масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ МС/МС) с использованием данных, полученных ранее [6, 11, 13, 15]. Для этого использовали жидкостной хроматограф высокого давления Agilent 1290 (Agilent Technologies, США) с масс-спектрометрическим детектором Agilent 6430 (QQQ), управляемый с помощью программы «MassHunter Workstation Software LC/MS Data Acquisition Triple Quadrupole Version B.06.00B.06.00». Оптимальные параметры хроматографирования были достигнуты при следующих условиях: градиентный режим подачи подвижной фазы (компонент элюента А – 5 мМ формиата аммония в воде; компонент элюента В – 5 мМ муравьиной кислоты в ацетонитриле); скорость подачи элюента – 0,3 мл/мин; колонка – Kromasil Eternity XT 2.5-C 18,  $2.1 \times 100$  мм (диаметр сорбента 2,5 мкм), предколонка – Kromasil Eternity 2.1  $\times$  10 мм; объем вводимой пробы – 5 мкл; температура термостата колонки  $30^{\circ}\text{C}$ .

Раствор 5 мМ формиата аммония в воде готовили следующим образом: в мерную колбу объемом 100 мл помещали навеску формиата аммония массой 0,0315 г, добавляли деионизированную воду (2/3 объема), тщательно перемешивали до полного растворения вещества, затем доводили до метки деионизированной водой. Для приготовления 5 мМ раствора муравьиной кислоты в ацетонитриле в мерную колбу объемом 100 мл помещали 18,8 мкл муравьиной кислоты, добавляли ацетонитрил (до 2/3 объема), тщательно перемешивали, доводили до метки ацетонитрилом.

Детектирование аналитов и внутреннего стандарта осуществляли в режиме записи сигналов выбранных ионных реакций (MRM) при работе электроспрея в отрицательном режиме (ESI-), температуре ионизации  $350^{\circ}\text{C}$ , потоке газа 10 л/мин, давлении небулайзера 40 psi и напряжении  $\pm 5000$  В.

Для приготовления основных стандартных растворов аналита взвешивали по 0,01 г ФБЗ, ФБЗ сульфоксида и сульфона и растворяли их в 10 мл ацетонитрила, получая раствор с концентрацией 1 мг/мл.

Промежуточные стандарты аналита готовили из основных методом смешения и разбавления до достижения концентрации 100 мкг/мл в ацетонитриле. Концентрации промежуточных стандартных образцов составляли 0,5; 2,5; 10; 25; 50 и 100 мкг/мл для каждого из аналитов.

Калибровочные образцы ФБЗ, ФБЗ сульфоксида, ФБЗ сульфона в органах и тканях готовили путем добавления к 1 г (990 мкл для сыворотки крови) гомогенизированного биоматериала, помещенного в полипропиленовую пробирку объемом 15 мл, 10 мкл соответствующего промежуточного раствора аналита (0,5; 2,5; 10; 25; 50 и 100 мкг/мл) до достижения концентраций 5, 25, 100, 250, 500 и 1000 нг/г. После этого стандартные образцы вортиксовали в течение 10 с и оставляли в покое в течение 30 мин. перед использованием при комнатной температуре. Стандартные образцы использовали свежеприготовленными.

Подготовку проб органов и тканей и сыворотки крови к анализу проводили следующим образом. Отбирали навеску 1,0 г (1,0 мл для сыворотки крови) гомогенизированного биоматериала в полипропиленовую пробирку объемом 15 мл. Затем добавляли 7 мл этила-

цетата, содержащего 1% (об/об) аммиака водного, вортиксовали и перемешивали на орбитальном шейкере в течение 10 мин. при 550 об/мин., центрифугировали 5 мин. при 9000 об/мин. Экстракты отбирали в чистые полипропиленовые пробирки объемом 15 мл, добавляли 3 мл гексана (кроме образцов сыворотки крови), вортиксовали и перемешивали на орбитальном шейкере в течение 10 мин. при 550 об/мин. Затем образцы центрифугировали 5 мин. при 9000 об/мин., отбрасывали гексановую фракцию, этилацетатную фракцию переливали в чистые полипропиленовые пробирки. Упаривали при 50 °С в токе азота. Сухой остаток растворяли в 1 мл подвижной фазы, проводя обработку образцов в УЗ-ванне при комнатной температуре в течение 5 мин., центрифугировали при 12000 об/мин., фильтровали через шприцевые фильтры и переносили в виалу объемом 1 мл для последующего хроматографирования.

Валидацию методики количественного определения ФБЗ сульфоксида, ФБЗ сульфона и ФБЗ выполняли в соответствии с руководствами [16, 18, 19) по показателям: линейность, степень извлечения, специфичность, прецизионность, правильность (точность), пределы количественного и качественного определения [14, 27].

Для количественного определения ФБЗ сульфоксида, ФБЗ сульфона и ФБЗ методом MRM было проведено исследование распада ионов под действием бомбардирующего потока молекул азота с последующим разрешением продуктов распада (методика MS/MS).

Для построения калибровочных зависимостей отношений величин MRM-сигналов аналитов от концентраций в биоматрицах был выбран диапазон от 5 до 1000 нг/г (нг/мл для сыворотки крови). Экстракты калибровочных стандартных образцов инжескировались в хромато-масс-спектрометрическую систему поочередно (от меньшей к большей концентрации) по 3 инжескиции на уровень.

Коэффициенты интерполяции найденных линейных зависимостей использовали в дальнейшем при определении содержания аналитов в опытных образцах органов и тканей овец, а также в контрольных образцах биоматриц.

Метрологические характеристики методики оценивали по содержанию аналитов в контрольных образцах биоматриц овец [10,

14, 16, 18, 19]. Для эксперимента были использованы несколько стандартных образцов биоматриц (контрольных стандартных образцов, QC) аналита на низком (5 нг/г, LQC), среднем (250 нг/г, MQC) и высоком (1000 нг/г, HQC) уровнях концентраций. На протяжении исследования (в разные дни) были проведены измерения концентраций аналитов в трех сериях контрольных образцов (по 3 инжескиции каждого QC).

Данную методику использовали для идентификации ФБЗ и его метаболитов в модельных пробах и образцах биологических матриц овец для установления параметров фармакокинетики и определения остаточных количеств ФБЗ в органах и тканях овец после применения супрамолекулярного комплекса фенбендазола.

Результаты обрабатывали статистически с использованием компьютерной программы SAS/Stat № 9.4 SAS System for Windows. Обсчеты полученных фармакокинетических кривых проводили с использованием однокамерной модели на ПО Microsoft Excel PKSolver 2.0 [31].

## Результаты и обсуждение

Полученные результаты изучения фармакокинетики ФБЗ и его метаболитов в организме овец, приведенные в таблице 1, указывают на значительную разницу в кинетике ФБЗ и его метаболитов после введения базового препарата и ТДФ в равной дозе по 2,0 мг/кг по ДВ. Концентрация ФБЗ была установлена в сыворотке крови овец через 2 ч после введения ТДФ и только через 4–6 ч после назначения базового ФБЗ. Содержание ФБЗ и его метаболитов было в 2,5–4,8 раза выше в сыворотке крови овец после введения ТДФ. Максимальная концентрация ФБЗ и его метаболитов составила 54,3; 61,4 и 51,3 нг/мл соответственно. Концентрация ФБЗ, ФБЗ-SO и ФБЗ-SO<sub>2</sub> в сыворотке крови овец была максимальной через 33 ч после введения ТДФ и составила соответственно 54,3; 61,4 и 51,3 нг/мл, ФБЗ, ФБЗ-SO и ФБЗ-SO<sub>2</sub> после применения базового препарата – 23,1; 16,1 и 18,4 нг/мл соответственно. В последующие сроки исследования содержание ФБЗ и его метаболитов снижалось и после 144 ч базовый препарат не обнаруживался в пробах сыворотки крови, а после введения ТДФ, ФБЗ и его метаболиты не обнаруживали спустя 360 ч.

Таблица 1 [Table 1]

**Концентрация фенбендазола и его метаболитов в сыворотке крови овец после введения твердой дисперсии фенбендазола и базового фенбендазола**  
 [The concentration of fenbendazole and its metabolites in the blood serum of sheep after the introduction of solid dispersion of fenbendazole and basic fenbendazole]

Время после введения, ч. [Time after administration, hours]	Концентрация, нг/мл [Concentration, ng/ml]					
	фенбендазола [fenbendazole]		фенбендазол сульфоксида [fenbendazole sulfoxide]		фенбендазол сульфона [fenbendazole sulfone]	
	М	RSD*	М	RSD	М	RSD
<i>Базовый фенбендазол [Base fenbendazole]</i>						
0	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
4	6,7	3,3	-	-	-	-
6	6,8	10,5	6,4	4,4	5,7	4,8
8	6,9	8,1	8,5	8,3	8,6	8,4
12	8,4	21,8	12,6	2,7	13,4	7,0
24	16,5	6,3	19,7	2,2	20,2	4,8
33	23,1	8,2	16,1	5,3	18,4	3,1
48	29,2	7,5	12,5	4,5	15,7	4,0
72	12,4	12,1	9,1	11,2	8,0	10,2
96	3,3	4,5	2,3	3,5	2,4	3,1
144	-	-	-	-	-	-
288	-	-	-	-	-	-
360	--	-	-	-	-	-
<i>Твердая дисперсия фенбендазола [Fenbendazole solid dispersion]</i>						
0	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
2	8,6	9,4	6,4	6,2	7,5	9,7
4	11,3	10,4	15,2	18,4	8,0	8,2
6	18,5	21,3	15,4	16,0	12,8	13,6
8	24,2	23,6	17,2	18,8	20,1	16,0
12	32,3	30,8	25,6	26,2	21,4	21,6
24	38,8	36,5	30,1	31,7	30,2	26,4
33	54,3	54,3	61,4	62,0	51,3	47,6
48	49,5	41,0	38,3	41,6	42,5	44,6
72	44,4	42,4	24,5	23,6	30,8	26,6
96	26,2	23,4	8,5	7,1	12,2	11,6
144	12,1	12,4	-	-	-	-
288	6,4	5,3	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-

Примечание [Note]. \* RSD - относительное стандартное отклонение [relative standard deviation], %

Фармакокинетические параметры фенбендазола и его метаболитов свидетельствуют о значительном повышении (в 2,5 раза) скорости абсорбции и поступления ФБЗ в кровь после введения ТДФ по сравнению с показателем базового препарата (табл. 2, 3). Время всасывания в кровь половины введенной дозы ТДФ составило 13,91 ч, а базового ФБЗ 26,53

ч. Существенная разница (в 5,0 раз) получена по показателю клиренса. Также отмечено повышение в 2,57; 2,53 и 2,26 раза максимальной концентрации соответственно ФБЗ, сульфона и сульфоксида ФБЗ в крови овец после применения ТДФ. О высокой скорости метаболизма ФБЗ после введения ТДФ указывают следующие показатели: площадь под кривой

«концентрация действующего вещества – время»; площадь под кривой «концентрация действующего вещества – время» в интервале времени от 0 до ∞; площадь под кривой «произведение времени на концентрацию препарата, tC». Установлено повышение в 2,6; 2,5 и 2,4 раза значения показателя площади под кривой концентрация-время после назначения ТДФ по сравнению с базовым препаратом; значения

AUMC ФБЗ, сульфоксида и сульфона были превышены в 7,1; 3,8 и 4,6 раза соответственно в сравнении с показателями базового препарата. Среднее время удержания в системном кровотоке после введения ТДФ для ФБЗ составило 371,34 ч, для сульфоксида – 67,14 ч и 81,23 ч для сульфона фенбендазола по сравнению с показателями животных, получавших базовый препарат: соответственно 61,1; 55,1 и 57,1 ч.

Таблица 2 [Table 2]

**Фармакокинетические параметры фенбендазола и его метаболитов в сыворотке крови овец после введения твердой дисперсии фенбендазола в дозе 2,0 мг/кг**  
**[Pharmacokinetic parameters of fenbendazole and its metabolites in the blood serum of sheep after the introduction of solid dispersion of fenbendazole at a dose of 2.0 mg/kg]**

Параметр [Parameter]	Значение параметра для [Parameter value for]					
	фенбендазола [fenbendazole]		сульфоксида [sulfoxide]		сульфона [sulfone]	
	М	RSD	М	RSD	М	RSD
$k_a$ , ч <sup>-1</sup>	0,062	43,4	0,032	2,0	0,0236	4,6
$k_{10}$ , ч <sup>-1</sup>	0,0094	112,4	0,0264	3,6	0,0230	3,7
$t_{1/2ka}$ , ч	13,91	53,8	23,23	1,9	26,29	4,8
$t_{1/2k10}$ , ч	236,2	102,6	23,82	3,6	28,43	3,6
V, л/кг	27,48	36,7	16,82	4,9	16,92	4,8
CL, л/ч	0,18	78,4	0,5	5,6	0,41	8,2
$T_{max}$ , ч	42,84	11,9	32,14	2,6	40,12	4,2
$C_{max}$ , нг/мл	50,66	4,6	42,16	4,2	41,18	4,9
AUC <sub>0-t</sub> , нг/мл.ч	3086,23	3,7	2431,61	4,3	2438,12	4,8
AUC <sub>0-inf</sub> , нг/мл.ч	20673,83	85,2	3987,6	5,3	4714,17	8,6
AUMC, нг/мл.ч <sup>2</sup>	1293272,7	129,4	269683	7,2	374367	12,6
MRT, ч	371,34	94,8	67,14	2,6	81,23	4,2

Примечание [Note]. М – средняя величина [mean value]; RSD – относительное стандартное отклонение [relative standard deviation], %;  $k_a$  – константа скорости абсорбции [absorption rate constant];  $k_{10}$  – константа элиминации [elimination constant];  $t_{1/2ka}$  – время всасывания в кровь 1/2 введенной дозы [time of absorption into the blood 1/2 of the administered dose];  $t_{1/2k10}$  – время исчезновения из организма лекарства путём биотрансформации и экскреции 1/2 введённой или поступившей и всосавшейся дозы [the time of disappearance of the drug from the body by biotransformation and excretion of 1/2 of the administered or received and absorbed dose]; V – объем распределения [volume of distribution]; CL – клиренс [clearance];  $C_{max}$  – максимальная концентрация [maximum concentration];  $T_{max}$  – время достижения максимальной концентрации [time to reach maximum concentration]; AUC<sub>0-t</sub> – площадь под кривой «концентрация-время» [area under the concentration-time curve]; AUC<sub>0-inf</sub> – площадь под кривой «концентрация действующего вещества – время» в интервале времени от 0 до ∞ [area under the curve "concentration of the active substance – time" in the time interval from 0 to ∞]; AUMC – площадь под кривой «произведение времени на концентрацию препарата [the area under the curve "the product of time and the concentration of the drug]; MRT – среднее время удержания вещества в системном кровотоке [mean retention time of a substance in the systemic circulation]

Результаты изучения динамики выведения ФБЗ и его метаболитов из органов и тканей овец после применения ТДФ и базового препарата – субстанции ФБЗ в дозе 2,0 мг/кг по ДВ свидетельствуют о значительной разнице в концентрации ФБЗ, сульфоксида и сульфона ФБЗ в органах и тканях овец и динамике выведения из организма животных (табл. 4, 5). Максимальная концентрация ФБЗ и его метаболитов в органах и тканях овец после применения ТДФ установ-

лена на третьи сутки. Содержание ФБЗ, а также сульфоксида и сульфона было максимальным в печени овец на третьи сутки после введения ТДФ и составило соответственно 4862,3±296,2; 18248,5±481,1 и 2482,3±132,4 нг/г. В последующие сроки исследований концентрация ФБЗ и его метаболитов значительно снизилась, а на 11 и 16-е сутки в печени обнаруживали только сульфоксид ФБЗ. В почках овец после применения ТДФ в максимальной концентрации ФБЗ

Таблица 3 [Table 3]

**Фармакокинетические параметры фенбендазола и его метаболитов в сыворотке крови овец после введения базового фенбендазола в дозе 2,0 мг/кг**

**[Pharmacokinetic parameters of fenbendazole and its metabolites in the blood serum of sheep after administration of basic fenbendazole at a dose of 2.0 mg/kg]**

Параметр [Parameter]	Значение параметра для [Parameter value for]					
	фенбендазола [fenbendazole]		сульфоксида [sulfoxide]		сульфона [sulfone]	
	М	RSD	М	RSD	М	RSD
$k_d, \text{ч}^{-1}$	0,0248	6,7	0,03672	1,7	0,0354	3,4
$k_{10}, \text{ч}^{-1}$	0,0235	3,3	0,0336	3,6	0,0327	3,2
$t_{1/2ka}, \text{ч}$	26,53	6,7	18,36	1,8	19,06	3,3
$t_{1/2k10}, \text{ч}$	29,52	6,1	20,16	3,5	20,62	3,1
V, л/кг	38,46	2,1	46,1	2,4	41,86	1,6
CL, л/ч	0,9	6,6	1,56	3,4	1,40	3,6
$T_{max}, \text{ч}$	40,64	6,3	27,58	2,5	28,67	3,2
$C_{max}, \text{нг/мл}$	19,68	1,7	16,67	1,8	18,19	1,7
$AUC_{0-t}, \text{нг/мл.ч}$	1153,02	1,6	923,14	2,0	1008,12	1,8
$AUC_{0-\infty}, \text{нг/мл.ч}$	2216,22	7,0	1254,8	3,3	1416,32	3,5
AUMC, нг/мл.ч <sup>2</sup>	180483	13,5	70124	5,7	81824	6,6
MRT, ч	61,12	6,3	55,14	2,6	57,16	3,2

Примечание [Note]. См. примечание к таблице 2 [See note to table 2].

обнаруживали на первые и третьи сутки, сульфон ФБЗ – на третьи сутки и сульфоксид ФБЗ – на третьи и шестые сутки. В мышцах и сердце овец, получавших ТДФ, ФБЗ и его метаболиты находили только в первые трое суток, а в образцах жира – в течение 6 сут. ФБЗ обнаруживали в легочной ткани на первые и третьи сутки после введения ТДФ, а сульфоксид определяли на 1, 3, 6 и 11-е сутки. ФБЗ выделяется с фекалиями овец в течение 11 сут после применения ТДФ с максимумом на первые и третьи сутки. Сульфон обнаруживали в фекалиях в течение 6 сут, а сульфоксид ФБЗ – в течение 16 сут. Однако, в первые сутки после применения ТДФ сульфоксид ФБЗ не обнаруживали в фекалиях.

ФБЗ и его метаболиты в органах и тканях овец после введения базового ФБЗ в дозе 2,0 мг/кг в органах и тканях овец были в десятки раз в меньшей концентрации. ФБЗ обнаруживали в органах и тканях (кроме фекалий) только на первые и третьи сутки после обработки овец базовым препаратом и в печени – на шестые сутки в незначительном количестве, а сульфон ФБЗ находили в органах и тканях овец в течение 6 сут с максимумом на третьи сутки. Сульфоксид ФБЗ находили в органах и тканях в течение 6 сут, а в печени и фекалиях – на 11-е сутки. ФБЗ и его метаболиты обна-

руживали в фекалиях овец с 3 по 11-е сутки после применения препарата.

Полученные результаты указывают на значительное повышение концентрации ФБЗ и его метаболитов в органах и тканях овец после введения ТДФ за счет более быстрой абсорбции и поступления ФБЗ в органы и ткани животных.

Нами отмечено влияние повышения концентрации ФБЗ и его метаболитов в крови, органах и тканях овец на антигельминтную активность. ТДФ в дозе 2,0 мг/кг проявила 98,0%-ную эффективность против желудочно-кишечных стронгилят овец, а базовый препарат – субстанция ФБЗ в этой дозе показала 15,0%-ную активность [2]. Изменения показателей фармакокинетики ФБЗ и его метаболитов в организме овец после применения ТДФ обусловлено также повышением в 21 раз растворимости препарата в воде. При этом увеличивается всасываемость ФБЗ в пищеварительном тракте, о чем свидетельствует повышение концентрации препарата в крови, органах и тканях овец.

Как известно, основным способом проникновения бензимидазолов в организм нематод является пассивная диффузия через кутикулу, которая зависит от липофильности препарата [22, 24, 25]. С повышением растворимости

Таблица 4

Концентрация фенбендазола и его метаболитов в органах и тканях овец после введения твердой дисперсии фенбендазола в дозе 2,0 мг/кг (n = 4)  
 [The concentration of fenbendazole and its metabolites in the organs and tissues of sheep after the introduction of solid dispersion of fenbendazole at a dose of 2.0 mg/kg (n = 4)]

Время, сутки [Time, days]	Метаболит [Metabolite]	Концентрация (нг/г) в органах и тканях [Concentration (ng/g) in organs and tissues]							
		Почки [Kidneys]	Печень [Liver]	Мышечная ткань [Muscle]	Подкожный жир [Subcutaneous fat]	Сердце [Heart]	Легкие [Lungs]	Фекалии [Feces]	
1	Фенбендазол [Fenbendazole]	694,2±53,7	3082,4±212,4	365,6±28,2	1048,2±65,6	1062,4±61,8	1098,2±70,6	781,4±8,2	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	62,4±5,8	267,5,2±138,7	75,4±7,7	82,4±9,1	25,2±3,1	698,1±53,4	<LOQ	
	Сульфон [Sulfone]	362,7±19,7	682,4±45,4	31,9±3,7	136,4±9,6	103,4±9,4	184,2±20,6	19,5±2,2	
3	Фенбендазол [Fenbendazole]	719,3±30,2	4862,3±296,2	375,2±40,4	162,7±11,9	1452,4±41,8	134,8±15,2	478,3±31,7	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	104,2±7,6	18243,5±486,1	89,1±8,6	54,4±6,7	248,6±16,8	97,8±9,6	146,2±12,6	
	Сульфон [Sulfone]	529,2±25,6	2482,3±132,4	119,8±9,6	117,4±7,5	271,3±17,8	67,3±6,8	247,4±19,8	
6	Фенбендазол [Fenbendazole]	13,4±3,1	152,4±11,2	<LOQ	3,4±0,6	<LOQ	<LOQ	99,7±9,6	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	297,2±11,2	3172,4±165,2	<LOQ	4,4±1,6	<LOQ	194,4±20,6	190,7±21,4	
	Сульфон [Sulfone]	207,6±10,7	19,6±3,5	<LOQ	7,0±0,8	<LOQ	5,1±0,8	6,4±1,0	
11	Фенбендазол [Fenbendazole]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	13,8±1,0	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	<LOQ	121,3±9,1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	14,2±2,0	636,4±41,3	
	Сульфон [Sulfone]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
16	Фенбендазол [Fenbendazole]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	<LOQ	15,8±2,4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	76,3±9,1	
	Сульфон [Sulfone]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
21	Фенбендазол и его метаболиты [Fenbendazole and its metabolites]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	

Примечание [Note]. LOQ – предел количественного определения вещества – 1 нг/г [Limit of quantitative determination of the substance – 1 ng/g]

Таблица 5

**Концентрация фенбендазола и его метаболитов в органах и тканях овец после введения базового препарата – фенбендазола в дозе 2,0 мг/кг (n = 4)  
[The concentration of fenbendazole and its metabolites in the organs and tissues of sheep after the introduction of the base drug - fenbendazole at a dose of 2.0 mg/kg (n = 4)]**

Время, сутки [Time, days]	Метаболит [Metabolite]	Концентрация (нг/г) в органах и тканях [Concentration (ng/g) in organs and tissues]							
		Почки [Kidneys]	Печень [Liver]	Мышечная ткань [Muscle]	Подкожный жир [Subcutaneous fat]	Сердце [Heart]	Легкие [Lungs]	Фекалии [Feces]	
1	Фенбендазол [Fenbendazole]	26,2±4,2	68,6±8,1	32,3±4,2	24,6±5,5	15,7±3,3	16,8±3,0	<LOQ	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	10,8±2,2	145,6±13,2	21,2±2,4	9,3±2,4	3,7±0,8	25,6±4,1	<LOQ	
	Сульфон [Sulfone]	32,6±4,3	70,8±8,7	7,2±2,0	5,7±0,9	12,4±1,5	22,0±3,5	<LOQ	
3	Фенбендазол [Fenbendazole]	21,4±3,2	127,4±12,0	26,5±3,7	32,1±4,4	31,2±9,6	11,5±1,2	46,8±5,5	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	18,2±2,2	310,0±21,4	11,4±2,0	7,6±0,9	25,2±3,5	2,4±1,0	26,4±3,7	
	Сульфон [Sulfone]	52,3±6,6	146,2±13,7	14,1±2,1	11,9±1,1	26,4±3,7	7,1±0,8	30,8±3,6	
6	Фенбендазол [Fenbendazole]	<LOQ	12,3±1,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	21,5±3,1	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	16,5±2,4	123,5±21,2	5,5±0,7	5,4±0,6	7,5±0,9	6,2±0,7	26,3±3,2	
	Сульфон [Sulfone]	27,3±3,4	7,0±1,1	<LOQ	5,2±0,6	<LOQ	<LOQ	13,1±1,5	
11	Фенбендазол [Fenbendazole]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	7,7±0,8	
	Сульфоксид [Sulfoxide]	<LOQ	15,6±1,8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	12,7±8,0	13,1±2,0	
	Сульфон [Sulfone]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
16	Фенбендазол и его метаболиты [Fenbendazole and its metabolites]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
	Фенбендазол и его метаболиты [Fenbendazole and its metabolites]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	

Примечание [Note]. См. примечание к таблице 4 [See note to table 4]



ТДФ, вероятно, повышается и его проницаемость и концентрация в тканях гельминтов.

Hansen et al. [20] показали, что оксфендазол достигает *Trichuris suis* после абсорбции из желудочно-кишечного тракта, проникает в ткани гельминтов через систему кровообращения и энтероциты; сульфон ФБЗ может попадать в ткани гельминтов аналогичным образом, возможно, с участием энтерогепатической циркуляции. Отмечена корреляция между концентрацией сульфоксида ФБЗ в плазме, в содержимом желудочно-кишечного тракта и тканях паразита. Метаболит сульфон обнаруживается в плазме не ранее, чем через 15 мин после применения препарата, т. е. происходит образование сульфона из сульфоксида за счет реакции окисления, который катализируется микросомальными ферментами печени животных [17, 18]. Также этот процесс между плазмой крови и пищеварительным трактом происходит благодаря энтерогепатической циркуляции и реабсорбции через желудочно-кишечный тракт жвачных, что обеспечивает длительное антигельминтное воздействие на гельминтов [21, 23].

Полученные нами результаты подтверждают, что после применения овцам ТДФ значительно повышается концентрация ФБЗ в крови животных по сравнению с дачей базового препарата – субстанции ФБЗ, что, по нашему мнению, обусловлено механохимической технологией и вследствие этого повышением растворимости, уменьшением размеров и структуры частиц субстанции.

Об изменении уровня метаболизма ФБЗ в организме животных свидетельствует увеличение продолжительности удержания ФБЗ в крови овец, получавших ТДФ. Значительное повышение концентрации ФБЗ и его метаболитов в органах и тканях овец после введения ТДФ происходит за счет более быстрой абсорбции и поступления ФБЗ в органы и ткани животных, что приводит в конечном результате к повышению антигельминтной эффективности.

### Список источников

1. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применения. М., 2009. 415 с.
2. *Варламова А. И., Данилевская Н. В., Архипов И. А., Халиков С. С., Чистяченко Ю. С., Душкин А. В.* Эффективность комплекса фенбендазола, полученного путем механохимической технологии и адресной доставки // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология.* 2015. № 7. С. 13-16.
3. *Варламова А. И., Архипов И. А., Садов К. М., Халиков С. С.* Эффективность супрамолекулярного комплекса фенбендазола против нематод при комбинированном и производственном испытании // *Российский паразитологический журнал.* 2020. Вып. 14, № 2. С. 93-97. DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-2-93-97
4. *Душкин А. В., Сунцов Л. Р., Халиков С. С.* Механохимическая технология для повышения растворимости препаратов // *Фундаментальные исследования.* 2013. Т. 1, № 2. С. 448-457
5. *Кондрахин И. П.* Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: КолосС, 2004. 520 с.
6. *Кочетков П. П., Варламова А. И., Абрамов В. Е., Мисюра Н. С., Абрамова Е. В., Абрамов С. В., Кошеваров Н. И., Архипов И. А.* Определение фенбендазола и его метаболитов в крови коров методом жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием // *Российский паразитологический журнал.* 2016. Т. 38, № 4. С. 554-562.
7. Приказ МЗ РФ 199н от 01.04.2016 г. «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики».
8. *Халиков С. С., Чистяченко Ю. С., Душкин А. В., Метелева Е. С., Поляков Н. Э., Архипов И. А., Варламова А. И., Гламаздин И. Г., Данилевская Н. Е.* Создание антигельминтных препаратов повышенной эффективности на основе межмолекулярных комплексов действующих веществ с водорастворимыми полимерами, в том числе полисахаридами // *Химия в интересах устойчивого развития.* 2015. Т. 23, № 5. С. 567-577.
9. *Халиков С. С., Локишин Б. Ф., Ильин М. М., Варламова А. И., Архипов И. А.* Твердые дисперсии бензимидазольных препаратов в паразитологии // *Материалы докладов Международной научной конференции Всероссийского общества гельминтологии РАН «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями».* 2019. Вып. 20. С. 663-670.
10. *Эпштейн Н. А.* Оценка пригодности (валидация) ВЭЖХ методик в фармацевтическом анализе (обзор) // *Химикофармацевтический журнал.* 2004. Т. 38, № 4. С. 40-56.
11. *Almeida M. P., Rezende C. P., Ferreira F. D., Souza L. F., Assiss D. C., Figueiredo N. C., Oliveira L. M., Cancado S. V.* Optimization and validation method to evaluate the residues of [3-lactams and tetracyclins] in Jddney Aissue by UPLC-MS/MS. *Talanta.* 2015; 144. 922-932.
12. *Campbell W. C., Rew R. S.* Chemotherapy of parasitic diseases New York and London: Springer, 1986; 655.
13. *Chen D., Tao Y., Zhang H., Pan Y., Liu Z., Huang L., Wang Y., Peng D., Wang X. Dai M., Yuan Z.*

- Development of a liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pressurized liquid extraction method for the determination of benzimidazole residues in edible tissues. *J. Chromatogr.* 2011; B 879: 1659-1667.
14. *Chiap P., Boulanger B., Dewe W., Crommem Y., Hubert P., Pharm J.* An analysis of the SFSTP guide on validation of chromatographic bioanalytical methods: progress and limitations. *Biomed. Anal.* 2003; 32. 753-765.
  15. *Danaher M., De Ruyck H., Crooks R., Dowling G., O'Keeffe M.* Review of methodology for the determination of benzimidazole residues in biological matrices. *J. Chromatogr. B Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 2007; 845. 1-37.
  16. European Medicines Agency. Guideline on validation of bioanalytical y methods. Committee for Medicinal Products for Human Use. London, 2009.
  17. *Gottschal D. W., Theodorides V. Y.* The metabolism of benzimidazole anthelmintics. *Parasitol. Today.* 1990; 6. 119-124.
  18. Guidance for the validation of analytical methodology and calibration of equipment used for testing of illicit drugs in seized materials and biological specimens. A commitment to quality and continuous improvement. Laboratory and Scientific Section United Nations Office On Drugs And Crime. Vienna, 2009.
  19. Guidance for Industry. Bioanalytical Method Validation. U.S. C, Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Drug Evaluation and Research (CDER). Center for Veterinary Medicine (CVM). Biopharmaceutics, 2018.
  20. *Hansen T. V. A., Williams A. R., Denwood M. Nejsun P., Thamsborg S. M., Friis C.* Pathway of oxfendazole from the host into the worm: *Trichuris suis* in pigs. *Drugs and Drug Resistance.* 2017; 7 (4): 416-424.
  21. *Hennessy D. R., Steel Y. M., Prichard R. K.* Biliary secretion and enterohepatic recycling of fenbendazole metabolites in sheep. *Vet. Pharmacol. Ther.* 1993; 16. 132-140.
  22. *Ho N. F. H., Geary T. G., Barsuhn C. L., Sims S. M., Thompson D. P.* Mechanistic studies in the transcuticular delivery of antiparasitic drugs II: ex vivo/in vitro correlation of solute transport by *Ascaris suum*. *Mol. Biochem. Parasitol.* 1992; 52. 1-13.
  23. *Lanusse C. E.* Pharmacokinetics of anthelmintic drugs in ruminants: integrated assessment of their tissue disposition, metabolism and diffusion into target parasites. In: 14th Biennial Symposium of the American Academy of Veterinary Pharmacology and Therapeutics. USA, Rockville. 2005; 181.
  24. *Mottie M. L., Alvarez L. J., Pis M. A., Lanusse C. E.* Transtegumental diffusion of benzimidazole anthelmintics into *Moniezia benedeni*: correlation with their octanol-water, partition coefficients. *Exp. Parasitol.* 2003; 103. 1-7.
  25. *Mottie M. L., Alvarez L. J., Ceballos L., Lanusse C. E.* Drug transport mechanisms in helminth parasites: passive diffusion of benzimidazole anthelmintics. *Exp. Parasitol.* 2006; 103. 1-7.
  26. *Riviere J. E., Papich M. G.* Veterinary pharmacology and therapeutics. Hoboken: 9 th ed.: Willey Blackwell. 2009; 317.
  27. *Schechtman L. M.* Internationally harmonized processes for test method evaluation, validation and regulatory acceptance: The role of OECD guidance document 34. Japanese Society for Alternatives to Animal Experiments. 2008; 14. 475-782.
  28. *Short C. R., Flory W., Hsieh L. C., Barker S. A.* The oxidative metabolism of fenbendazole: a comparative study. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 1988; 11. 50-55.
  29. The Biopharmaceutics classification system (BCS) guidance, available at <http://www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/CDER/ucml28219.htm>
  30. *Trambo S. R., Shahardar R. A., Alloie J. M. et al.* Efficacy of ivermectin, closantel and fenbendazole against gastrointestinal nematodes of sheep in Kashmir valley. *J. Parasit. Dis.* 2017; 41 (2): 380-382. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0810-5>
  31. *Zhangs Y., Huo M., Zhou J., Xie S.* PKSolver: An add-in program for pharmacokinetic and pharmacodynamic data analysis in Microsoft Excel. *Computer methods and programs in biomedicine.* 2010; 99 (3): 306-314.

Статья поступила в редакцию 23.04.2023; принята к публикации 10.07.2023

Об авторах:

**Архипов Иван Алексеевич**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru)

**Арисов Михаил Владимирович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор РАН, ORCID ID: 0000-0002-2103-8468, [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru)

**Халиков Салават Самадович**, Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН (119991, Москва, ул. Вавилова, 28), Москва, Россия, доктор технических наук, ORCID ID: 0000-0002-4736-5934, [salavatkhaliakov@mail.ru](mailto:salavatkhaliakov@mail.ru)

**Кочетков Павел Павлович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0001-6688-5540, [pkochetkov@gmail.com](mailto:pkochetkov@gmail.com)

Вклад соавторов:

Архипов Иван Алексеевич – анализ и обсуждение полученных результатов.

Арисов Михаил Владимирович – оценка полученных результатов.

Халиков Салават Самадович – химический анализ полученных результатов.

Кочетков Павел Павлович – проведение масс-спектрометрии.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

1. Arkhipov I. A. Anthelmintics: pharmacology and application. Moscow, 2009; 415. (In Russ.)
2. Varlamova A. I., Danilevskaya N. V., Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Chistyachenko Yu. S., Dushkin A. V. The efficacy of the fenbendazole complex prepared by mechanochemical technology and targeted delivery. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya = Veterinary Medicine, zootechnics and biotechnology*. 2015; 7: 13-16. (In Russ.)
3. Varlamova A. I., Arkhipov I. A., Sadov K. M., Khalikov S. S. Efficacy of the Supramolecular Complex of Fenbendazole Against Nematodes in a Commission and Production Test. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (2): 93-97. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-93-97>
4. Dushkin A. V., Suntsov L. R., Khalikov S. S. Mechanochemical technique to increase the preparation solubility. *Fundamental'nyye issledovaniya = Fundamental Research*. 2013; 1 (2): 448-457. (In Russ.)
5. Kondrakhin I. P. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics. Moscow: KolosS, 2004; 520. (In Russ.)
6. Kochetkov P. P., Varlamova A. I., Abramov V. E., Misura N. S., Abramova E. V., Abramov S. B., Koshevarov N. I., Arkhipov I. A. Determination of fenbendazole and its metabolites in milk by the method of liquid chromatography coupled with tandem massspectrometry. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2016; 38 (4): 554-562. (In Russ.)
7. Order 199n by the Russian Ministry of Healthcare dated April 01, 2016 On Approval of Good Laboratory Practice Rules.
8. Khalikov S. S., Chistyachenko Yu. S., Dushkin A. V., Meteleva E. S., Polyakov N. E., Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Glamazdin I. G., Danilevskaya N. E. Preparation of anthelmintics with increased efficacy based on intermolecular complexes of active substances with water-soluble polymers including polysaccharides. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya = Chemistry for Sustainable Development*. 2015; 23 (5): 567-577 (In Russ.)
9. Khalikov S. S., Lokshin B. F., Ilyin M. M., Varlamova A. I., Arkhipov I. A. Solid dispersions of benzimidazole preparations in parasitology. *Proceedings of the International Scientific Conference of the All-Russian Society of Helminthology of the RAS "Theory and practice of parasitic disease control"*. 2019; 20: 663-670. (In Russ.)
10. Epstein N. A. Suitability assessment (validation) of HPLC techniques in pharmaceutical analysis (review). *Chemical and Pharmaceutical Journal*. 2004; 38 (4): 40-56. (In Russ.)
11. Almeida M. P., Rezende C. P., Ferreira F. D., Souza L. F., Assiss D. C., Figueiredo N. C., Oliveira L. M., Cancado S. V. Optimization and validation method to evaluate the residues of [3-lactams and tetracycling in Jddney Aissue by UPLC-MS/MS. *Talanta*. 2015; 144. 922-932.
12. Campbell W. C., Rew R. S. Chemotherapy of parasitic diseases New York and London: Springer, 1986; 655.
13. Chen D., Tao Y., Zhang H., Pan Y., Liu Z., Huang L., Wang Y., Peng D., Wang X. Dai M., Yuan Z. Development of a liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pressurized liquid extraction method for the determination of benzimidazole residues in edible tissues. *J. Chromatogr.* 2011; B 879: 1659-1667.
14. Chiap P., Boulanger B., Dewe W., Crommem Y., Hubert P., Pharm J. An analysis of the SFSTP guide on validation of chromatographic bioanalytical methods: progress and limitations. *Biomed. Anal.* 2003; 32. 753-765.
15. Danaher M., De Ruyck H., Crooks R., Dowling G., O'Keeffe M. Review of methodology for the determination of benzimidazole residues in biological matrices. *J. Chromatogr. B Anal. Technol. Biomed. Life Sci.* 2007; 845. 1-37.
16. European Medicines Agency. Guideline on validation of bioanalytical y methods. Committee for Medicinal Products for Human Use. London, 2009.
17. Gottschal D. W., Theodorides V. Y. The metabolism of benzimidazole anthelmintics. *Parasitol. Today*. 1990; 6. 119-124.
18. Guidance for the validation of analytical methodology and calibration of equipment used

- for testing of illicit drugs in seized materials and biological specimens. A commitment to quality and continuous improvement. Laboratory and Scientific Section United Nations Office On Drugs And Crime. Vienna, 2009.
19. Guidance for Industry. Bioanalytical Method Validation. U.S. C, Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Drug Evaluation and Research (CDER). Center for Veterinary Medicine (CVM). Biopharmaceutics, 2018.
  20. Hansen T. V. A., Williams A. R., Denwood M. Nejsum P., Thamsborg S. M., Friis C. Pathway of oxfendazole from the host into the worm: *Trichuris suis* in pigs. *Drugs and Drug Resistance*. 2017; 7 (4): 416-424.
  21. Hennessy D. R., Steel Y. M., Prichard R. K. Biliary secretion and enterohepatic recycling of fenbendazole metabolites in sheep. *Vet. Pharmacol. Ther.* 1993; 16. 132-140.
  22. Ho N. F. H., Geary T. G., Barsuhn C. L., Sims S. M., Thompson D. P. Mechanistic studies in the transcuticular delivery of antiparasitic drugs II: ex vivo/in vitro correlation of solute transport by *Ascaris suum*. *Mol. Biochem. Parasitol.* 1992; 52. 1-13.
  23. Lanusse C. E. Pharmacokinetics of anthelmintic drugs in ruminants: integrated assessment of their tissue disposition, metabolism and diffusion into target parasites. In: *14<sup>th</sup> Biennial Symposium of the American Academy of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. USA, Rockville. 2005; 181.
  24. Mottie M. L., Alvarez L. J., Pis M. A., Lanusse C. E. Transtegumental diffusion of benzimidazole anthelmintics into *Moniezia benedeni*: correlation with their octanol-water, partition coefficients. *Exp. Parasitol.* 2003; 103. 1-7.
  25. Mottie M. L., Alvarez L. J., Ceballos L., Lanusse C. E. Drug transport mechanisms in helminth parasites: passive diffusion of benzimidazole anthelmintics. *Exp. Parasitol.* 2006; 103. 1-7.
  26. Riviere J. E., Papich M. G. *Veterinary pharmacology and therapeutics*. Hoboken: 9<sup>th</sup> ed.: Wiley Blackwell. 2009; 317.
  27. Schechtman L. M., Internationally harmonized processes for test method evaluation, validation and regulatory acceptance: The role of OECD guidance document 34. *Japanese Society for Alternatives to Animal Experiments*. 2008; 14. 475-782.
  28. Short C. R., Flory W., Hsieh L. C., Barker S. A. The oxidative metabolism of fenbendazole: a comparative study. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 1988; 11. 50-55.
  29. The Biopharmaceutics classification system (BCS) guidance, available at <http://www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/CDER/ucml28219.htm>
  30. Trambo S. R., Shahardar R. A., Alloie J. M. et al. Efficacy of ivermectin, closantel and fenbendazole against gastrointestinal nematodes of sheep in Kashmir valley. *J. Parasit. Dis.* 2017; 41 (2): 380-382. <https://doi.org/10.1007/s12639-016-0810-5>
  31. Zhangs Y., Huo M., Zhou J., Xie S. PKSolver: An add-in program for pharmacokinetic and pharmacodynamic data analysis in Microsoft Excel. *Computer methods and programs in biomedicine*. 2010; 99 (3): 306-314.

The article was submitted 23.04.2023; accepted for publication 10.08.2023

*About the authors:*

**Arkhipov Ivan A.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru)

**Arisov Michail V.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, RAS Professor, ORCID ID: 0000-0002-2103-8468, [director@vniigis.ru](mailto:director@vniigis.ru)

**Khalikov Salavat S.**, A. N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the RAS (28, Vavilova st., Moscow, 119991), Moscow, Russia, Doctor of Engineering Sciences, ORCID ID: 0000-0002-4736-5934, [salavatkhalikov@mail.ru](mailto:salavatkhalikov@mail.ru)

**Kochetkov Pavel P.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, ORCID ID: 0000-0001-6688-5540, [pkochetkov@gmail.com](mailto:pkochetkov@gmail.com)

*Contribution of co-authors:*

**Arkhipov Ivan A.** – analysis and discussion of the results.

**Arisov Michail V.** – evaluation of the results.

**Khalikov Salavat S.** – chemical analysis of the results.

**Kochetkov Pavel P.** – mass spectrometry.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 619:616.995.1-085

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-400-405>

## Изучение эффективности твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта овец в Самарской области

Иван Алексеевич Архипов<sup>1</sup>, Анастасия Ивановна Варламова<sup>2</sup>,  
Константин Михайлович Садов<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>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. П. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», Кинель, Россия

<sup>1</sup>arkhipovhelm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

<sup>2</sup>arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

<sup>3</sup>sadovkm@mail.ru

### Аннотация

**Цель исследований** – изучение эффективности твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта молодняка овец.

**Материалы и методы.** Оценку эффективности твердой дисперсии фенбендазола на ранние стадии развития нематод пищеварительного тракта проводили в хозяйствах Самарской области, неблагополучных по нематодозам, на 35 валухах в возрасте 7–10 мес., спонтанно инвазированных стронгилятами пищеварительного тракта. Животных разделили на опытные и контрольные группы по 8–9 голов в каждой. Валухам первой опытной группы назначали перорально однократно в дозе 2,0 мг/кг по ДВ твердую дисперсию фенбендазола. Животные 2-й группы получили субстанцию фенбендазола в дозе 2,0 мг/кг. Базовый препарат – панакур вводили валухам 3-й опытной группы в дозе 5,0 мг/кг. Животные контрольной группы препарат не получали. Эффективность препаратов учитывали в опытах типа «контрольный тест» по результатам копроовоскопических исследований, а также по результатам гельминтологических вскрытий пищеварительного тракта животных по 3–5 голов с каждой группы.

**Результаты и обсуждение.** Установлена 97,8–98,2%-ная эффективность твердой дисперсии фенбендазола против взрослых стронгилят и 80,6–87,5%-ная активность против личинок стронгилят. Субстанция фенбендазола в этой же дозе показала 33,0–41,7% и 16,1–26,9%-ную эффективность соответственно. Панакур – базовый препарат в дозе 5,0 мг/кг по ДВ проявил соответственно 95,4–97,3% и 46,7–73,9%-ную эффективность против имагинальных стронгилят и личинок.

**Ключевые слова:** антигельминтик, фенбендазол, стронгилята, эффективность, овцы, твердая дисперсия

**Благодарность.** Работа выполнена в рамках программы гранта Российского научного фонда № 23-26-00220.

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

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Для цитирования:** Архипов И. А., Варламова А. И., Садов К. М. Изучение эффективности твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта овец в Самарской области // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 400–405.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-400-405>

© Архипов И. А., Варламова А. И., Садов К. М., 2023



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

Original article

# Evaluation of the efficacy of solid dispersion of fenbendazole against different stages of gastrointestinal nematodes of sheep in Samara region

Ivan A. Arkhipov<sup>1</sup>, Anastasia I. Varlamova<sup>2</sup>, Konstantin M. Sadov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>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” (VNIP – FSC VIEV), Moscow, Russia

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Agrarian University», Kinel, Russia

<sup>1</sup>arkhipovhelm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

<sup>2</sup>arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

<sup>3</sup>sadovkm@mail.ru

## Abstract

**The purpose of the research** is to study the efficacy of a solid dispersion of fenbendazole at different stages of gastrointestinal nematodes of young sheep.

**Materials and methods.** Evaluation of the efficacy of a solid dispersion of fenbendazole at different stages of gastrointestinal nematodes was carried out in the farms of the Samara region on 35 sheep aged 7–10 months naturally infected with gastrointestinal strongylates. Animals were divided into experimental and control groups of 8–9 animals each. A solid dispersion of fenbendazole was administered once orally at a dose of 2.0 mg/kg of active substance to the animals of the first experimental group. Animals of the 2nd group received the substance of fenbendazole at a dose of 2 mg/kg. The basic drug – Panakur was administered to the sheep of the 3rd experimental group at a dose of 5 mg/kg. Animals of the control group did not receive the drugs. The efficacy of the drugs was calculated in the experiment of «control test» based on the results of coproovoscopic examination, as well as on the results of helminthological necropsy of the digestive tract of animals, 3–5 sheep from each group.

**Results and discussion.** The solid dispersion of fenbendazole showed 97.8–98.2% efficacy against adult strongylates and 80.6–87.5% against larvae. The substance of fenbendazole at the same dose – 2 mg/kg revealed 33.0–41.7% and 16.1–26.9% efficacy respectively. The basic drug Panakur showed 95.4–97.3% and 46.7–73.9% efficacy against imaginal strongylates and larvae respectively at a dose of 5.0 mg/kg of active substance.

**Keywords:** anthelmintics, fenbendazole, strongylates, efficacy, sheep, solid dispersion

**Acknowledgments.** The study was carried out within the framework of the Russian Science Foundation grant no. 23-26-00220.

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Sadov K. M. Evaluation of the efficacy of solid dispersion of fenbendazole against different stages of gastrointestinal nematodes of sheep in Samara region. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):400–405. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-400-405>

© Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Sadov K. M., 2023

## Введение

Важным фактором повышения продуктивности овцеводства является предотвращение потерь, причиняемых гельминтозами из-за уменьшения темпов роста, развития молодняка овец, снижения количества и качества продукции и гибели животных. Численность поголовья овец в России составляет более

19 млн. голов; для некоторых регионов страны овцеводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства [2, 3, 5, 6]. В последние годы широкое распространение получили нематодозы овец, особенно в южных регионах страны, что обусловлено благоприятными природно-климатическими условиями, а также недостаточным объемом

проводимых лечебных и профилактических мероприятий.

Одним из основных методов борьбы с нематодами овец является проведение регулярных дегельминтизаций. С этой целью часто используют препарат из класса бензимидазол карбаматов – фенбендазол [2, 10, 11–13], который в дозе 5,0 мг/кг по ДВ обладает высокой эффективностью против имагинальных стронгилят пищеварительного тракта овец [2, 5, 6]. Однако, данные по его эффективности на личиночные стадии нематод весьма ограничены. Стоит отметить фактор формирования резистентности к антигельминтным препаратам, который представляет собой серьезную угрозу при борьбе с паразитарными болезнями во всем мире [14] и, который следует учитывать при проведении дегельминтизаций животных в течение длительного времени препаратами из одного класса химических соединений.

В связи с этим, целью наших исследований было изучение эффективности твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта молодняка овец.

### Материалы и методы

Оценку антигельминтного действия твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта проводили в 2020–2021 гг. в разных хозяйствах Самарской области, неблагополучных по нематодозам, на 35 головах молодняка овец. Животных взвешивали, нумеровали и разделяли на опытные и контрольные группы по 7–10 голов в каждой на основании результатов исследований проб фекалий методом флотации с учетом числа яиц нематод в 1 г фекалий.

Валухам первой опытной группы назначали твердую дисперсию фенбендазола перорально однократно в дозе 2,0 мг/кг по ДВ. Данная лекарственная форма получена д.т.н. С. С. Халиковым (Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН, Москва) методом механохимической обработки фенбендазола («Changzhou Yabong Pharmaceuticals Co., Ltd.», Китай) и поливинилпирролидона (ФСП 42-0345-4368-03) по ранее разработанной методике [9]. Животные второй опытной группы получали субстан-

цию фенбендазола в этой же дозе. Базовый препарат – панакур производства фирмы «MSD Animal Health» в форме 22,2%-ного гранулята в дозе 5,0 мг/кг вводили валухам третьей опытной группы. Контрольная группа животных препарат не получала.

Эффективность препаратов учитывали в опытах, проводимых по типу «контрольный тест», на основании результатов копроовоскопических исследований животных методом флотации до и через 18–20 сут после применения препаратов согласно Wood et al., 1995 [15]. Для подсчета числа яиц нематод в 1 г фекалий использовали счетную камеру ВИГИС. Кроме того, эффективность препаратов учитывали по результатам гельминтологических вскрытий пищеварительного тракта овец по 3–5 голов из каждой группы. Обнаруженных нематод идентифицировали до вида по определителю В. М. Ивашкина и др. [4]. Действие препаратов против личинок нематод учитывали по результатам компрессорного исследования соскобов со слизистой оболочки сычуга и кишечника. Личинок нематод идентифицировали до рода по критериям, описанным В. Н. Трачом (1982) [8]. Статистическую обработку осуществляли в компьютерной программе Microsoft Excel 2010 в соответствии с общепринятой методикой [7].

### Результаты и обсуждение

Результаты испытания препаратов на основе фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта свидетельствуют о их высокой эффективности против имагинальных нематод и недостаточной активности против личинок стронгилят (табл.). Была установлена 97,8–98,2%-ная эффективность твердой дисперсии фенбендазола против взрослых стронгилят и 80,6–87,5%-ная активность против личинок. Субстанция фенбендазола в этой же дозе – 2,0 мг/кг показала 33,0–41,7% и 16,1–26,9%-ную эффективность соответственно против имагинальных стадий и личинок стронгилят. Панакур – базовый препарат в дозе 5,0 мг/кг по ДВ проявил соответственно 95,4–97,3% и 46,7–73,9%-ную эффективность. Во время проведения исследований все препараты в испытанных дозах хорошо переносились животными, побочных эффектов отмечено не было.

У животных контрольной группы обнаружили, в среднем,  $41,3 \pm 4,7$  взрослых *Ostertagia*

Таблица [Table]

Эффективность твердой дисперсии фенбендазола на разные стадии развития нематод пищеварительного тракта овец  
 [Efficacy of solid dispersion of fenbendazole against different stages of gastrointestinal nematodes of sheep]

Препарат [Drug]	Число животных в группе [Number of animals in the group]	Доза, мг/кг по ДВ [The dose, mg/kg of AS]	Обнаружено нематод родов [Nematode genera detected]						ИЭ (%) против [IE against]										
			Ostertagia		Trichostrongylus		Nematodirus		Haemonchus		Ostertagia		Trichostrongylus		Nematodirus		Haemonchus		
			[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	[эплат] [латинский]	[общий] [латинский]	
ТД ФБЗ [SD FBZ]	9	2,0	0,8±0,2	1,3±0,5	0,9±0,3	1,2±0,5	1,0±0,3	0,8±0,3	0,7±0,2	0,7±0,3	98,1	80,6	98,2	81,6	98,2	82,3	97,8	87,5	
Субстанция ФБЗ [Substance of FBZ]	9	2,0	24,1±6,3	4,9±1,3	30,5±5,6	5,0±1,3	36,4±6,5	3,7±0,9	21,1±4,3	4,7±0,9	41,7	26,9	38,5	23,1	33,0	17,8	34,7	16,1	
Панакур (базовый препарат) [Panacur (basic drug)]	9	5,0	1,3±0,4	2,2±0,7	1,6±0,6	1,7±0,6	1,5±0,5	2,4±0,7	1,5±0,6	1,7±0,7	96,9	67,2	96,8	73,9	97,3	46,7	95,4	69,7	
Контрольная группа [Control group]	8	-	41,3±4,7	6,7±1,1	49,6±5,0	6,5±0,9	54,3±5,3	4,5±1,1	32,3±3,2	5,6±0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. [Note]. ТД ФБЗ – твердая дисперсия фенбендазола; ФБЗ – фенбендазол. [SD FBZ – solid dispersion of fenbendazole; FBZ – fenbendazole]

*ostertagi* и  $6,7 \pm 1,1$  экз. личинок остертагий,  $49,6 \pm 5,0$  взрослых *Trichostrongylus colubriformis* и  $6,5 \pm 0,9$  экз. личинок трихостронгилюсов,  $54,3 \pm 5,3$  взрослых *Nematodirus spathiger* и  $4,5 \pm 1,1$  экз. личинок нематодирусов,  $32,3 \pm 3,2$  взрослых *Haemonchus contortus* и  $5,6 \pm 0,9$  экз. их личинок.

По результатам копроовоскопических исследований была подтверждена высокая эффективность твердой дисперсии фенбендазола в дозе 2,0 мг/кг; она составила более 97 %.

### Заключение

Анализ полученных результатов показал, что наилучшую эффективность против стронгилят показала твердая дисперсия фенбендазола, которая в уменьшенной в 2,5 раза дозе, т.е. 2,0 мг/кг по ДВ проявила 97,8–98,2%-ную эффективность против имагинальных стадий нематод и 80,6–87,5%-ную активность против личинок стронгилят. Повышению антигельминтной эффективности твердой дисперсии в уменьшенной в 2,5 раза дозе способствовало уменьшение размера частиц, повышение растворимости и скорости абсорбции фенбендазола после механохимической обработки.

Эффективность субстанции фенбендазола в этой же дозе оказалась значительно ниже: против взрослых стронгилят в 2,4–2,9 раза и против личинок в 3,2–5,0 раза. Базовый препарат – панакур в терапевтической дозе 5,0 мг/кг по ДВ проявил достаточно высокую эффективность в отношении имагинальных стронгилят, равную 95,4–97,3% и 46,7–69,7 % против личинок. Однако, полной элиминации нематод после применения панакура не было достигнуто, по-нашему мнению, из-за возможного развития резистентных к действию фенбенда-



зола штаммов стронгилят пищеварительного тракта у овец, что отмечалось нами ранее [1], и, это требует проведения дальнейших молекулярно-генетических исследований.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Архипов И. А., Алексеев Е. Б., Дурдусов С. Д.* О резистентности нематодирозов овец к действию бензимидазол карбаматов в Калмыкии // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы научной конференции. 2002. С. 16–18.
2. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применение. М., 2009. 415 с.
3. *Войтюк М. М., Мачнева О. П.* Современное состояние овцеводства в России // Эффективное животноводство. 2021. № 4. С. 102–105. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-4-102-105>
4. *Ивашкин В. М., Орипов А. О., Сонин М. Д.* Определитель гельминтов мелкого рогатого скота. М.: Наука, 1989. 255 с.
5. *Магомедов О. А.* Эффективность фенбендазола при буностомозе и нематодирозе овец // Бюллетень всесоюзного института гельминтологии. 1984. Вып. 39. С. 31–33.
6. *Мамаев Н. Х., Шамхалов В. М., Голин Б. Н., Магомедов О. А.* Брикетты при стронгилятозах и анаплазофалятозах // Ветеринария. 1990. 7. С. 44–45.
7. *Плохинский Н. А.* Биометрия. Новосибирск: АН СССР, 1961. 364 с.
8. *Трач В. Н.* Паразитические личинки стронгилят домашних жвачных животных. Киев: Наукова думка, 1982. 128 с.
9. *Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Sadov K. M., Dushkin A. V., Meteleva E. S., Varlamova A. I., Odovskaya I. M., Danilevskaya N. V.* Influence of mechanochemical technology on anthelmintic efficacy of the supramolecular complex of fenbendazole with polyvinylpyrrolidone. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research. 2019; 6 (1): 133–141. <https://doi.org/10.5455/javar.2019.f323>
10. *Campbell W. C.* Chemotherapy of parasitic diseases / W. C. Campbell, R. S. Rew. New York and London: Springer, 1986; 655.
11. *Duwell D.* Anthelmintic efficacy of mebendazole and fenbendazole in ruminants. Pest. Sci. 1980; 9 (3): 550–555.
12. *Mariner S., Armour J.* Nematode infections of domestic animals: gastrointestinal infections / In Chemotherapy of Parasitic Diseases., Edit. W. C. Campbell, P. S. Rew. 1986; 297–300.
13. *Riviere J. E., Papich V. G.* Veterinary pharmacology and therapeutics. Hoboken: 9th ed.: Willey Blackwell. 2009; 317.
14. *Waller P. J.* The development of anthelmintic resistance in ruminant livestock. Acta Tropica. 1994; 56: 233–243. [https://doi.org/10.1016/0001-706X\(94\)90065-5](https://doi.org/10.1016/0001-706X(94)90065-5)
15. *Wood I., Amaral N., Bairden K. et al.* World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). Veterinary Parasitology. 1995; 58 (3): 181–213. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(95\)00806-2](https://doi.org/10.1016/0304-4017(95)00806-2)

Статья поступила в редакцию 27.05.2022; принята к публикации 10.08.2023

Об авторах:

**Архипов Иван Алексеевич**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru)

**Варламова Анастасия Ивановна**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, [arsphoeb@mail.ru](mailto:arsphoeb@mail.ru)

**Садов Константин Михайлович**, ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), г. Кинель, Россия, доктор ветеринарных наук, [sadovkm@mail.ru](mailto:sadovkm@mail.ru)

Вклад соавторов:

**Архипов Иван Алексеевич** – научное руководство, проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

**Варламова Анастасия Ивановна** – анализ и интерпретация полученных данных, критический анализ материала, подготовка статьи.

**Садов Константин Михайлович** – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Arkhipov I. A., Alekseev E. B., Durdusov S. D. On the resistance of *Nematodirus* sp. in sheep to the action of benzimidazole carbamates in Kalmykia. «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of a scientific conference. 2002; 16–18. (In Russ.)
2. Arkhipov I. A. Anthelmintics: pharmacology and application. M., 2009; 415. (In Russ.)
3. Voytyuk M. M., Machneva O. P. The current state of sheep breeding in Russia. *Effective animal husbandry*. 2021; 4: 102–105. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-4-102-105>
4. Ivashkin V. M., Oripov A. O., Sonin M. D. Key to helminths of small cattle. M.: Nauka, 1989; 255. (In Russ.)
5. Magomedov O. A. Efficiency of fenbendazole in bunostomosis and nematodiosis in sheep. *Byulleten' vsesoyuznogo instituta gel'mintologii* = *Bulletin of the All-Union Institute of Helminthology*. 1984; 39: 31–33. (In Russ.)
6. Mamaev N. Kh., Shamkhalov V. M., Golin B. N., Magomedov O. A. Briquettes for strongylatosis and anaplocephalytosis. 1990; 7: 44–45. (In Russ.)
7. Plokhinsky N. A. Biometrics. Novosibirsk: AN SSSR, 1961; 364. (In Russ.)
8. Trach V. N. Parasitic larvae of strongylates of domestic ruminants. Kyiv: Naukova Dumka, 1982; 128.
9. Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Sadov K. M., Dushkin A. V., Meteleva E. S., Varlamova A. I., Odoevskaya I. M., Danilevskaya N. V. Influence of mechanochemical technology on anthelmintic efficacy of the supramolecular complex of fenbendazole with polyvinylpyrrolidone. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 2019; 6 (1): 133–141. <https://doi.org/10.5455/javar.2019.f323>
10. Campbell W. C. Chemotherapy of parasitic diseases / W. C. Campbell, R. S. Rew. New York and London: Springer, 1986; 655.
11. Duwell D. Anthelmintic efficacy of mebendazole and fenbendazole in ruminants. *Pest. Sci.* 1980; 9 (3): 550–555.
12. Mariner S., Armour J. Nematode infections of domestic animals: gastrointestinal infections / In Chemotherapy of Parasitic Diseases., Edit. W. C. Campbell, P. S. Rew. 1986; 297–300.
13. Riviere J. E., Papich V. G. Veterinary pharmacology and therapeutics. Hoboken: 9<sup>th</sup> ed.: Willey Blackwell. 2009; 317.
14. Waller P. J. The development of anthelmintic resistance in ruminant livestock. *Acta Tropica*. 1994; 56: 233–243. [https://doi.org/10.1016/0001-706X\(94\)90065-5](https://doi.org/10.1016/0001-706X(94)90065-5)

The article was submitted 27.05.2022; accepted for publication 10.08.2023

## About the authors:

**Arkhipov Ivan A.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Dr. Sc. Vet., Professor, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, [arkhipovhelm@mail.ru](mailto:arkhipovhelm@mail.ru)

**Varlamova Anastasiya I.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Dr. Sc. Vet., ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, [arsphoeb@mail.ru](mailto:arsphoeb@mail.ru)

**Sadov Konstantin M.**, FSBEI HE Samara State Agrarian University (2, Uchebnaya st., urban settlement Ust-Kinelsky, Kinel, 446442), Dr. Sc. Vet., [sadovkm@mail.ru](mailto:sadovkm@mail.ru)

## Contribution of co-authors:

**Arkhipov Ivan A.** – academic supervision, research, obtained data analysis and interpretation, article preparation.

**Varlamova Anastasiya I.** – obtained data analysis and interpretation, critical analysis of the material, article preparation.

**Sadov Konstantin M.** – research, obtained data analysis and interpretation.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 619:616.995.1-085

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-406-412>

## Твердодисперсные комплексные препараты триклабендазола с янтарной кислотой и их фасциолоцидная активность

Маулди Баудинович Мусаев<sup>1</sup>, Марат Салаватович Халиков<sup>2</sup>,  
Джамалова Айшат Зеудыевна<sup>3</sup>, Михаил Михайлович Ильин<sup>4</sup>,  
Салават Самадович Халиков<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>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 – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

<sup>3</sup>Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, Грозный, Чеченская Республика

<sup>4,5</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>1</sup>svigis-patent@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0523-2308>

<sup>2</sup>halikov@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1768-5048>

<sup>3</sup>dzhamalovam@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4218-865X>

<sup>4</sup>kotosok1978@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-0214-8573>

<sup>5</sup>salavatkhaliakov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

### Аннотация

**Цель исследований** – испытать эффективность триклафасцида и двух твердодисперсных комплексных препаратов на основе субстанции триклабендазола при фасциолёзе крупного рогатого скота и овец.

**Материалы и методы.** Комплексные препараты составов триклабендазол (ТКБ) : Янтарная кислота (ЯК) : Поливинилпирролидон (ПВП) (1 : 1 : 8) и ТКБ : ЯК : Арабиногалактан (АГ) (1 : 1 : 8) были получены путем совместного твердофазного измельчения компонентов в капролоновом барабане на шаровой мельнице LE-101 при скорости вращения валков 60 об/мин при модуле процесса 1 : 17 в течение 1–6 ч с отбором проб для проведения анализа (метод ВЭЖХ) на изменение растворимости ТКБ. Сравнительное испытание эффективности триклафасцида и новых твердых дисперсий (ТД) комплексов ТКБ с ЯК при фасциолёзе овец и крупного рогатого скота проводили в Северо-Восточном Федеральном Округе Кавказа в марте-апреле 2023 г. Для определения зараженности животных фасциолами индивидуально отбирали пробы фекалий и исследовали методами Фюллеборна с применением насыщенного водного раствора NaCl и последовательных промываний. Учёт эффективности препаратов проводили через 25–30 сут после дегельминтизации по типу «критический тест». Полученные результаты обработали статистически по методу Стьюдента-Фишера с использованием программы Microsoft Excel 2007.

**Результаты и обсуждение.** Полученные комплексы ТКБ и ЯК с полимерами обладали повышенной растворимостью (до 59–70 раз), зависящей от природы полимеров. Эффективность новых лекарственных форм ТКБ при фасциолёзе овец в дозе 1,5 мг/кг, т.е. на 0,5 мг/кг меньше терапевтической дозы, чем у триклафасцида при пероральном применении, составила соответственно 90,0 и 100%, у крупного рогатого скота в дозе 2,0 мг/кг по ДВ – 85,7%.

**Ключевые слова:** триклабендазол, янтарная кислота, поливинилпирролидон, арабиногалактан, механохимия, твердая дисперсия, растворимость, эффективность, овцы, крупный рогатый скот

**Благодарность.** Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ. № FGUG-2022-0012 государственного задания на 2022–2024 годы.

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



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

Конфликт интересов отсутствует.

**Для цитирования:** Мусаев М. Б., Халиков М. С., Джамалова А. З., Ильин М. М., Халиков С. С. Твердодисперсные комплексные препараты триклабендазола с янтарной кислотой и их фасциолоцидная активность // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 406–412.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-406-412>

© Мусаев М. Б., Халиков М. С., Джамалова А. З., Ильин М. М., Халиков С. С., 2023

Original article

## Solid dispersion complex triclabendazole preparations with succinic acid and their fasciolocidal activity

Mauldi B. Musaev<sup>1</sup>, Marat S. Khalikov<sup>2</sup>, Ayshat Z. Dzamalova<sup>3</sup>,  
Mikhail M. Ilyin<sup>4</sup>, Salavat S. Khalikov<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>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

<sup>3</sup>Complex Scientific Research Institute named after Kh. I. Ibragimov of the RAS, Grozny, Chechen Republic

<sup>4,5</sup>Federal State Budgetary Institution of Science Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>1</sup>svigis-patent@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0523-2308>

<sup>2</sup>halikov@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1768-5048>

<sup>3</sup>dzhamalovam@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4218-865X>

<sup>4</sup>kotosok1978@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-0214-8573>

<sup>5</sup>salavatkhalikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

### Abstract

**The purpose of the research** is to test the efficacy of triclabendazole and two solid dispersion complex preparations based on the triclabendazole substance against fasciolosis in cattle and sheep.

**Materials and methods.** Complex preparations of triclabendazole (TCB) formulations: Succinic Acid (SA): Polyvinylpyrrolidone (PVP) (1 : 1 : 8) and TCB: SA: Arabinogalactan (AG) (1 : 1 : 8) were obtained by combined solid-state-grinding of the components in a fiber drum on an LE-101 ball mill at a roll rotation speed of 60 rpm with a process module of 1 : 17 for 1 to 6 hours with sampling for analysis (HPLC) for changes in the TCB solubility. A comparative test of the efficacy of triclabendazole and new solid dispersions (SD) of TCB complexes with SA against fascioliasis of sheep and cattle was conducted in the North-Eastern Federal District of the Caucasus in March-April 2023. To determine the *Fasciola* infection rate in animals, fecal samples were individually taken and examined by the Fülleborn methods using saturated aqueous NaCl solution and sequential washing. The drug efficacy was recorded at 25–30 days after deworming in analogy with "critical test". The results were statistically processed by the Student-Fisher method using Microsoft Excel 2007.

**Results and discussion.** The resulting TCB and SA complexes with polymers had an increased solubility (up to 59–70 times) that depended on the polymer nature. The efficacy of new TCB dosage forms against fascioliasis in sheep at a dose of 1.5 mg/kg, i.e. 0.5 mg/kg less than the therapeutic dose as compared with oral triclabendazole was 90.0 and 100%, respectively, and 85.7% in cattle at a dose of 2.0 mg/kg for the active substance.

**Keywords:** triclabendazole, succinic acid, polyvinylpyrrolidone, arabinogalactan, mechanochemistry, solid dispersion, solubility, efficacy, sheep, cattle

**Acknowledgments.** The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. The State Task No. FGUG-2022-0012 for 2022–2024.

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Musaev M. B., Khalikov M. S., Dzamalova A. Z., Ilyin M. M., Khalikov S. S. Solid dispersion complex triclabendazole preparations with succinic acid and their fasciolocidal activity. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):406–412. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-406-412>

© Musaev M. B., Khalikov M. S., Dzamalova A. Z., Ilyin M. M., Khalikov S. S., 2023

## Введение

Триклабендазол (ТКБ) – 5-хлор-6-(2,3-дихлорфенокси)-2-(метилтио)-1H-бензимидазол – белый кристаллический порошок; обладает высокой эффективностью против молодых и взрослых фасциол [1]. Недостатком субстанции ТКБ, как и других нерастворимых в воде антигельминтиков, является то, что они после перорального введения выделяются из организма животных до 50–70,0%, загрязняя внешнюю среду. Препарат широко применяют при фасциолёзе крупного рогатого скота в дозе 12 и 10 мг/кг на овцах и козах [2].

Ранее, используя технологию механохимической модификации ТКБ с помощью полисахарида арабиногалактана (АГ), был получен комплексный препарат триклафасцид, представляющий собой твердую дисперсию (ТД) в соотношении ТКБ и АГ (1 : 9) в виде порошка с повышенной растворимостью и высокой эффективностью в 5 раз уменьшенной дозе против фасциолёза крупного рогатого скота 2,5 мг/кг и овец 2,0 мг/кг [4].

Для увеличения растворимости триклафасцида и повышения его антигельминтной активности были проведены исследования по включению в его состав янтарной кислоты (ЯК) [3, 6]. Были получены два комплексных препарата составов ТКБ : ЯК : АГ (1 : 1 : 8) и ТКБ : ЯК : ПВП (1 : 1 : 8) в виде порошков бежевого и белого цвета с повышенной растворимостью до 59–70 раз [5].

Целью наших исследований стало испытание эффективности триклафасцида и двух твёрдодисперсных комплексных препаратов на основе субстанции триклабендазола при фасциолёзе крупного рогатого скота и овец.

## Материалы и методы

Сравнительное испытание эффективности триклафасцида (ТКБ и АГ 1 : 9) и новых комплексов ТКБ составов ТКБ : ЯК : АГ (1 : 1 : 8) и

ТКБ : ЯК : ПВП (1 : 1 : 8) при фасциолёзе овец и крупного рогатого скота проводили в неблагополучных по фасциолёзу хозяйствах Северо-Восточного Федерального Округа Чеченской Республики в марте-апреле 2023 г. Для определения инвазированности животных фасциолами индивидуально ректально отбирали пробы фекалий у 80 овец тушинской породы и 51 гол. крупного рогатого скота. Пробы фекалий помещали в специальные контейнеры, нумеровали и исследовали в лаборатории Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН. по методу Фюллеборна с применением флотационного насыщенного раствора натрия хлорида. Часть тех же фекалий исследовали методом последовательных промываний (седиментации); просветлённый осадок выливали в чашку Петри и смотрели под микроскопом.

Из 38 спонтанно инвазированных фасциолами овец тушинской породы сформировали по принципу аналогов 4 подопытные группы по 8–10 животных в каждой. Овцам первой группы задавали триклафасцид (ТКБ : АГ) в установленной ранее терапевтической дозе 2,0 мг/кг по ДВ (по препарату 20 мг/кг массу животного). Овцы второй, третьей и четвёртой группы получали соответственно триклафасцид и комплексные препараты состава ТКБ : ЯК : АГ и ТКБ : ЯК : ПВП в дозах 1,5 мг/кг по ДВ (по препарату 15 мг/кг), т. е. на 0,5 мг/кг меньшей дозы, чем установленной терапевтической дозы триклафасцида.

Из 31 гол. молодняка крупного рогатого скота, спонтанно инвазированных фасциолами, сформировали по принципу аналогов 4 подопытные группы по 7–8 животных в каждой. Животным первой подопытной группы задавали триклафасцид в установленной терапевтической дозе 2,5 мг/кг по ДВ (по препарату 25 мг/кг массы животного). Животные второй, третьей и четвёртой группы получали соответственно триклафасцид и комплексные

препараты составов ТКБ : ЯК : АГ и ТКБ : ЯК : ПВП в дозах по 2,0 мг/кг по ДВ (по препарату 20 мг/кг).

Препараты назначали индивидуально перорально в форме водной суспензии из резиновой бутылки.

Для определения эффективности испытуемых препаратов через 25–30 сут после их дачи, снова отобрали пробы фекалий от подопытных животных и подвергли копроовоскопическому исследованию.

Учёт эффективности препаратов определяли по типу «критический тест» [6]. Полученные результаты обрабатывали статистически по методу Стьюдента-Фишера с использованием программы Microsoft Excel 2007.

### Результаты и обсуждение

В результате применения триклафасцида (ТКБ : АГ) в дозе 2,0 мг/кг и комплекса ТКБ : ЯК : ПВП в дозе 1,5 мг/кг все овцы были свободными от яиц фасциол. Эффективность составила 100%.

9 из 10 овец второй и третьей групп после применения соответственно триклафасцида и ТД комплекса ТКБ : ЯК : АГ в дозах по 1,5 мг/кг освободились от яиц фасциол; экстенсэффективность (ЭЭ) составила 90,0% при снижении в среднем числа яиц фасциол в 1 г фекалий на 88,4 и 94,5% (табл. 1).

В результате применения триклафасцида в терапевтической дозе 2,5 мг/кг по ДВ получена 100%-ная эффективность, а в дозе 2,0 мг/кг 6 животных из 8 были свободны от яиц фасциол; ЭЭ составила 75,0% при снижении числа яиц фасциол в 1 г фекалий на 86,6%. После применения препаратов составов ТКБ : ЯК : АГ и ТКБ : ЯК : ПВП в дозе по 20 мг/кг, 7 животных из 8 были свободны от яиц фасциол; ЭЭ составила 87,5% при снижении числа яиц фасциол в 1 г фекалий соответственно на 92,5 и 93,1% (табл. 2).

### Заключение

Проведенные исследования по механохимической модификации субстанции ТКБ с помощью полимеров и янтарной кислоты подтвердили предположение об увеличении растворимости (до 59–70 раз) и повышении антигельминтной эффективности.

ТД комплекс состава ТКБ : ЯК : ПВП показал 100%-ную эффективность при фасциолёзе овец в дозе 1,5 мг/кг по ДВ, что меньше терапевтической дозы ранее разработанного препарата триклафасцид на 0,5 мг/кг.

Экстенсэффективность ТД комплекса состава ТКБ : ЯК : АГ в дозе 1,5 мг/кг по ДВ при пероральном применении при фасциолёзе овец составила 90,0% при снижении числа яиц фасциол в фекалиях на 94,5%, а при фасциолёзе крупного рогатого скота ТД комплек-

Таблица 1 [Table 1]

Эффективность триклафасцида и образцов ТД комплексов триклабендазола при фасциолёзе овец (копроовоскопия, «критический тест»)  
[Efficacy of triclabendazole and samples of solid dispersions complexes of triclabendazole in sheep fasciolosis (coproovoscopy, "critical test")]

Номер группы [Group number]	Препарат [Drug]	Доза, мг/кг, по ДВ [Dose, mg/kg of AS]	Число живот- ных в группе [Number of animals in group]	Средне число яиц фасциол в 1 г фекалий [The average number of <i>Fasciola</i> sp. eggs in 1 g of feces]		Освободилось живот- ных после лечения [Released animals after treatment]	Процент снижения числа яиц фасциол в фекалиях [Decrease percentage <i>Fasciola</i> sp. eggs in faeces]	ЭЭ, % [EE, %]
				до лечения [before treatment]	после лечения [after treatment]			
1	ТКБ : АГ	2,0	8	22,8±0,12	0	8	100	100
2	ТКБ : АГ	1,5	10	21,9±0,10	2,5±0,25	9	88,4	90,0
3	ТКБ : ЯК : АГ	1,5	10	23,3±0,23	1,27±0,13	9	94,5	90,0
4	ТКБ : ЯК : ПВП	1,5	10	19,9±0,20	0	10	100	100

Таблица 2 [Table 2]

Эффективность триклафасцида и образцов твердых дисперсий триклабендазола с янтарной кислотой при пероральном введении молодняку крупного рогатого скота (копроовоскопия, «критический тест»)

[Efficacy of triclabendazole and samples of solid dispersions of triclabendazole with succinic acid when administered orally to young cattle (coproovoscopy, "critical test")]

Номер группы [Group number]	Препарат [Drug]	Доза, мг/кг, по ДВ [Dose, mg/kg of AS]	Число живот- ных в группе [Number of animals in group]	Средне число яиц фасциол в 1 г фекалий [The average number of <i>Fasciola</i> sp. eggs in 1 g of feces]		Освободилось живот- ных после лечения [Released animals after treatment]	Процент снижения числа яиц фасциол в фекалиях [Decrease percentage <i>Fasciola</i> sp. eggs in faeces]	ЭЭ, % [EE, %]
				до лечения [before treatment]	после лечения [after treatment]			
1	ТКБ : АГ	2,5	2,5	22,8±0,12	0	7	100	100
2	ТКБ : АГ	2,0	2,0	21,9±0,10	2,54±0,25	6	86,6	75,0
3	ТКБ : ЯК : АГ	2,0	2,0	23,3±0,23	1,27±0,13	7	92,5	87,5
4	ТКБ : ЯК : ПВП	2,0	2,0	19,9±0,20	0	7	93,1	87,5

сы ТКБ : ЯК : АГ и ТКБ : ЯК : ПВП в дозе по 2,0 мг/кг по ДВ проявили 87,5%-ный эффект при снижении числа яиц фасциол в фекалиях соответственно на 92,5 и 93,1%.

Таким образом, увеличение растворимости субстанции ТКБ при его механохимической обработке с янтарной кислотой привело к повышению антигельминтной эффективности.

### Список источников

1. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применение. М.: РАСХН, 2009. 406 с.
2. *Демидов Н. В.* Фасциолез животных. М.: Колос, 1965. 208 с.
3. *Лебедев А. Ф., Швец О. М., Евлевский А. А., Евлевская Е. П., Енифанов А. В., Попов В. С., Ермилов И. В., Тарасов В. Ю., Кудряшова Ж. А., Щепихин С. Ю., Коломийцев С. М.* Разработка и применение препаратов на основе янтарной кислоты // Ветеринария. 2009. № 3. С. 48-51.
4. *Мусаев М. Б., Халиков М. С., Архипов И. А., Халиков С. С.* Отечественный препарат триклафасцид для лечения животных при фасциолёзе // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов Международной научной конференции. 2018. Вып. 19. С. 308-310.
5. *Халиков М. С.* Растворимость триклабендазола как фактор, определяющий активность его твердых дисперсий с полимерами // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 163-169. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-163-169>.
6. Янтарная кислота в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве / под ред. *М. Н. Кондрашовой, Ю. Г. Каминского, Е. И. Маевского.* Пущино: Ин-т теорет. и эксперим. биофизики, 1996. 299 с.
7. *Wood I. B., Amaral N. K., Bairden K., Duncan J. L., Kassai T., Malone J. B. Jr., Pankavich J. A., Reinecke R. K., Slocombe O., Taylor S. M. et al.* World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) second edition of guidelines for evaluating the effectiveness of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). *Vet. Parasitol.* 1995; 58 (3): 181-213. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(95\)00806-2](https://doi.org/10.1016/0304-4017(95)00806-2)

Статья поступила в редакцию 27.07.2023; принята к публикации 20.08.2023

Об авторах:

**Мусаев Маулди Баудинович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0002-0523-2308, [musaev@vniigis.ru](mailto:musaev@vniigis.ru)

**Халиков Марат Салаватович**, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-1768-5048, [halikov@vniigis.ru](mailto:halikov@vniigis.ru)

**Джамалова Айшат Зеудыевна**, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН (364051, г. Грозный, Старопромысловское шоссе, 21а), Чеченская Республика, Россия, кандидат биологических наук, [kniiran@mail.ru](mailto:kniiran@mail.ru)

**Ильин Михаил Михайлович**, Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН (119991, Москва, ул. Вавилова, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0002-0214-8573, [kotosok1978@yahoo.com](mailto:kotosok1978@yahoo.com)

**Халиков Салават Самадович**, Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН (119991, Москва, ул. Вавилова, 28), Москва, Россия, доктор технических наук, ORCID ID: 0000-0002-4736-5934, [salavatkhalikov@mail.ru](mailto:salavatkhalikov@mail.ru)

Вклад соавторов:

**Мусаев Маулди Баудинович** – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

**Халиков Марат Салаватович** – проведение исследований, критический анализ полученных результатов и формирование выводов.

**Джамалова Айшат Зеудыевна** – обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных результатов.

**Ильин Михаил Михайлович** – наработка образцов, анализ и интерпретация полученных данных.

**Халиков Салават Самадович** – наработка образцов и проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Arkhipov I. A. Anthelmintics: pharmacology and application. M.: RAAS, 2009; 406. (In Russ.)
2. Demidov N. V. Animal fasciolosis. M.: Kolos, 1965; 208. (In Russ.)
3. Lebedev A. F., Shvets O. M., Evglevsky A. A., Evglevskaya E. P., Epifanov A. V., Popov V. C., Ermilov I. V., Tarasov V. Yu., Kudryashova Zh. A., Schepikhin S. Yu., Kolomiytsev S. M. Development and use of preparations based on succinic acid. *Veterinariya = Veterinary Medicine*. 2009; 3: 48-51. (In Russ.)
4. Musaev M. B., Khalikov M. S., Arkhipov I. A., Khalikov S. S. Native drug Triclabendazole for treatment of animals infected with *Fasciola hepatica*. «*Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami: materialy докладов Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of reports of the International Scientific Conference*. 2018; 19: 308-310. (In Russ.)
5. Khalikov M.S. Solubility of triclabendazole as a factor determining the activity of its solid dispersions with polymers. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):163-169. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-163-169>
6. Succinic acid in medicine, food industry, agriculture / Ed. M. N. Kondrashova, Yu. G. Kaminsky, E. I. Maevsky. Pushchino: Institute of Theoret. and experiment. biophysics, 1996; 299. (In Russ.)
7. Wood I. B., Amaral N. K., Bairden K., Duncan J. L., Kassai T., Malone J. B. Jr., Pankavich J. A., Reinecke R. K., Slocombe O., Taylor S. M. et al. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) second edition of guidelines for evaluating the effectiveness of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). *Vet. Parasitol.* 1995; 58 (3): 181-213. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(95\)00806-2](https://doi.org/10.1016/0304-4017(95)00806-2)



The article was submitted 27.07.2023; accepted for publication 20.08.2023

*About the authors:*

**Musaev Mauldi B.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), Moscow, Russia, Dr. Sc. Vet., ORCID ID: 0000-0002-0523-2308, vigis-patent@yandex.ru

**Khalikov Marat S.**, VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), INEOS RAS (28, Vavilova St., Moscow, 119991), Russia, ORCID ID: 0000-0002-1768-5048, halikov@vniigis.ru

**Dzhamalova Aishat Z.**, Kh. I. Ibragimov Complex Research Institute, RAS, (21a Staropromyslovskoe shosse, Grozny, 364051), Chechen Republic, Russia, Cand. Sc. Biol., kniiran@mail.ru

**Ilyin Mikhail M.**, INEOS RAS (28, Vavilova St., Moscow, 119991), Moscow, Russia, ORCID ID: 0000-0002-0214-8573, kotosok1978@yahoo.com

**Khalikov Salavat S.**, INEOS RAS (28, Vavilova St., Moscow, 119991), Moscow, Russia, Dr. Tech. Sc., ORCID ID: 0000-0002-4736-5934, salavatkhalikov@mail.ru

*Contribution of co-authors:*

**Musaev Mauldi B.** – conducting research, analyzing and interpreting the data obtained, preparing an article.

**Khalikov Marat S.** – conducting research, critical analysis of the results obtained and the formation of conclusions.

**Dzhamalova Aishat Z.** – review of publications on the topic of the article, analysis of the results.

**Ilyin Mikhail M.** – production of samples, analysis and interpretation of the obtained data.

**Khalikov Salavat S.** – development of samples and research, analysis and interpretation of the data obtained.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Научная статья

УДК 632:633/635

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-413-422>

## Оценка сортов картофеля зарубежной селекции на устойчивость к клубневой нематоде *Ditylenchus destructor*

Александр Александрович Шестеперов<sup>1</sup>, Александр Иванович Володин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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. П. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов РУДН, Москва, Россия

<sup>1</sup>aleks.bperov@yandex.ru

<sup>2</sup>alex@agrico-cis.ru

### Аннотация

**Цель исследований** – оценить сорта картофеля зарубежной селекции на устойчивость к клубневой нематоде разными методами: в лабораторных условиях, в вегетационном опыте, в полевом опыте.

**Материалы и методы.** В лабораторном и вегетационном опытах в каждый клубень вносили суспензию клубневой нематоды по 100 и 40 экз. соответственно. После 3 месяцев хранения в холодильнике при 6–7 °С, в вегетационном опыте после 70 сут выращивания растений картофеля из клубней выделяли нематод, используя фитогельминтологический метод. В полевом опыте высажены 12 сортов картофеля по 15 клубней каждого сорта. В каждую лунку при посадке были положены половинки клубней, поражённые дитиленхозом. После выращивания и уборки картофеля клубни 10 растений каждого сорта помещали в мешки и хранили при 10–15 °С в течение 60 сут. Степень поражения каждого образца определена по соотношению поражённых клубневой нематодой и незаражённых клубней картофеля, а также по проценту дитиленхозных клубней.

**Результаты и обсуждение.** При оценке сортов картофеля зарубежной селекции на восприимчивость к клубневой нематоде тремя методами установлено, что все испытанные сорта картофеля были заражены нематодами *Ditylenchus destructor* в той или иной степени. По степени восприимчивости к клубневой нематоде сорта отнесены к сильновосприимчивым (Ривьера, Экселенс, Беллароза, Роко), средневосприимчивым (Аризона, Эволюшен, Импала, Пикассо, Арроу) и слабовосприимчивым (Винета, Коллетте) сортам картофеля. Устойчивых сортов картофеля к клубневой нематоде не выявлено. Все три испытанные методы оценки восприимчивости к клубневой нематоде сортов картофеля показали, что они могут быть использованы в практике испытания сортов на устойчивость к клубневой нематоде. Если два первых метода проводились в контролируемых условиях, то полевой метод оценки зависел от агрометеорологических условий выращивания испытываемых сортов картофеля. При хранении в заражённых *D. destructor* клубнях происходит развитие заболевания, усиление признаков дитиленхоза, размножение нематоды. Этот прием необходимо использовать при оценке сортов картофеля на устойчивость к клубневой нематоде *D. destructor*.

**Ключевые слова:** картофель, клубневая нематода, *Ditylenchus destructor*, восприимчивость

**Благодарность.** Работа выполнена в рамках государственного задания № FGUG-2022-0012 (номер государственного задания ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН на 2022–2024 годы в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.): FGUG-2022-0012).

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

**Конфликт интересов отсутствует.**



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

**Для цитирования:** Шестеперов А. А., Володин А. И. Оценка сортов картофеля зарубежной селекции на устойчивость к клубневой нематоды *Ditylenchus destructor* // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 3. С. 413–422.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-413-422>

© Шестеперов А. А., Володин А. И., 2023

Original article

## Evaluation of foreign potato varieties for resistance to the potato tuber nematode *Ditylenchus destructor*

Alexander A. Shesteperv<sup>1</sup>, Alexander I. Volodin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

<sup>1</sup>aleks.6perov@yandex.ru

<sup>2</sup>alex@agrico-cis.ru

### Abstract

**The purpose of the research** is to assess foreign potato varieties for resistance to potato tuber nematode by different methods: in laboratory setting, greenhouse experiment, and field experiment.

**Materials and methods.** A potato tuber nematode suspension was added to each tuber with 100 and 40 specimens in the laboratory and greenhouse experiments, respectively. At 3 months of storage in a refrigerator at 6–7 °C in the greenhouse experiment, at 70 days of potato plant growing, nematodes were isolated from tubers using the phytohelminthological method. Twelve potato varieties were planted with 15 tubers of each variety in the field experiment. During planting, halves of tubers affected by *Ditylenchus* infection were placed in each hole. After growing and harvesting, tubers of 10 plants of each variety were placed in bags and stored at 10–15 °C for 60 days. The infection rate of each sample was determined by the ratio of potato tubers infected and uninfected by the potato tuber nematode, as well as by the percentage of *Ditylenchus*-infected tubers.

**Results and discussion.** In evaluating foreign potato varieties for susceptibility to the potato tuber nematode by three methods, it was found that all tested potato varieties were infected with *Ditylenchus destructor* nematodes to a greater or lesser extent. In terms of susceptibility to the potato tuber nematode, the varieties were classified as highly susceptible (Riviera, Excellence, Bellarosa, Roco), moderately susceptible (Arizona, Evolution, Impala, Picasso, Arrow) and weakly susceptible (Vineta, Collette) potato varieties. No potato tuber nematode-resistant varieties were identified. All three tested evaluation methods of potato varieties for susceptibility to potato tuber nematode showed that they could be used in the testing of variety resistance to the potato tuber nematode. When the first two methods were conducted in the controlled environment, the field evaluation method depended on agrometeorological growing conditions of the tested potato varieties. In storage, the disease developed in *D. destructor*-infected tubers, and the *Ditylenchus* infection signs increased, and the nematode reproduced. This technique should be used in evaluating potato varieties for resistance to the potato tuber nematode *D. destructor*.

**Keywords:** potato, potato tuber nematode, *Ditylenchus destructor*, susceptibility

**Acknowledgments.** The study was conducted within State Task FGUG-2022-0012 (the State Task number of the VNIIP – FSC VIEV for 2022–2024 within the Program of Fundamental Scientific Research in the Russian Federation for the long-term period (2021–2030): FGUG- 2022-0012).

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

**There is no conflict of interests.**

**For citation:** Shesteperv A. A., Volodin A. I. Evaluation of foreign potato varieties for resistance to the potato tuber nematode *Ditylenchus destructor*. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(3):413–422. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-413-422>

© Shesteperv A. A., Volodin A. I., 2023

## Введение

Клубневая нематода *Ditylenchus destructor* (Thorne, 1945) – возбудитель дитиленхоза, или сухой гнили картофеля; наносит значительный ущерб урожаю как в период вегетации, так и при хранении [8]. Этот вид фитопаразитических нематод поражает клубни и подземную часть стеблей картофеля в почве в период вегетации. Влияние нематод *D. destructor* на растения картофеля проявляется в задержке роста, снижении урожайности, уменьшении числа товарных клубней [2]. Этот фитопаразит является причиной возникновения дитиленхоза клубней картофеля – широко распространенного и наиболее вредоносного заболевания этой культуры в агрофирмах, крестьянских, фермерских и личных подсобных хозяйствах [5, 9, 11]. Потери клубней при хранении от дитиленхоза картофеля составляют 15–40% [2, 4, 8, 14].

Создание и внедрение в производство сортов, устойчивых к болезням и вредителям, – наиболее эффективный и безвредный для окружающей среды способ защиты растений от вредных организмов и снижения потерь урожая картофеля. Решающим звеном в системе комплексных мероприятий по борьбе с опасными фитогельминтами часто является применение нематодоустойчивых сортов картофеля [7, 10]. Устойчивых к клубневой нематоде среди испытанных сортов и гибридов картофеля не обнаружено [1, 2, 5, 6, 10]. Д. А. Ильяшенко [3] выявил устойчивость к клубневой нематоде у образцов диких видов *Solanum vernei*, *S. pinnatisectum*, *S. papita*. Три сорта картофеля – Белорусский 3, Падарунак, Явар – оказались только среднепоражаемыми. При скрининге 25 сортов картофеля на устойчивость к нематоде *D. destructor* в Германии устойчивых сортов не выявили. Пять сортов были оценены как толерантные [12, 14].

Исследования устойчивости картофеля, батата и других сельскохозяйственных культур к нематоде *D. destructor* в Китае, Южной Корее и Японии направлены на выведение нематодоустойчивых сортов как методами традиционной селекции, так и методами трансгенной технологии на основе редактирования генома [13]. Поэтому необходима оценка районированных и перспективных сортов картофеля на устойчивость к клубневой нематоде картофеля для последующей совместной работы селекционе-

ров и фитопаразитологов по созданию устойчивых к дитиленхозу сортов [7].

При оценке сортов на устойчивость к клубневой нематоде (КН) создавали искусственный инвазионный фон в условиях лабораторного, вегетационного, полевого опытов. В литературе описано несколько способов создания искусственного инвазионного фона: внесение в каждую лунку при посадке порезанных заражённых клубней, оборачивание клубней смоченной суспензией нематод фильтровальной бумагой, внесение в лунки при посадке среды с живыми нематодами, заражение клубней суспензией нематод. Однако, сложность создания искусственного инвазионного фона заключается в том, что эти методы сложны в использовании, а результаты противоречивы и неоднозначны [1-3, 5, 6, 8, 14].

Цель исследований – оценить сорта картофеля зарубежной селекции на устойчивость к клубневой нематоде разными методами. Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи:

## Материалы и методы

### 1. Оценка сортов картофеля зарубежной селекции на устойчивость к клубневой нематоде в лабораторных условиях

Для оценки зарубежных сортов картофеля на устойчивость к КН испытаны сорта картофеля Ривьера, Экселенс, Беллароза (стандарт), Роко, Аризона, Эволюшен, Импала.

В трех незараженных клубнях каждого сорта вырезали куски клубня в виде перевёрнутой пирамиды. Затем внесли по  $100 \pm 10$  экз. КН с последующим возвратом вырезанного кусочка на рану. В другие три клубня втыкали коктейльную трубочку диаметром 5 мм и длиной 1 см, в которую вносили суспензию клубневых нематод ( $100 \pm 10$  экз.).

Клубни каждого сорта клали в пластиковую коробку с 6 секциями. Все коробки согласно вариантам опыта хранили в холодильнике при  $5-8^\circ\text{C}$ . После 3 месяцев хранения КН из клубней выделяли, используя вороночный метод с использованием фильтров [8]. На сита с фильтром помещали измельчённые пораженные дитиленхозом (ДЗ) части клубня (массой 10–15 г), заливали водой и оставляли на 24 ч. Выделяющиеся из растительного материала нематоды оседали на дне пробирок. По окончании срока выделения нематод пробирки вынимали

из резиновых трубок. Перед просмотром пробы верхний слой воды в пробирке отсасывали пипеткой и сливали в подготовленный сосуд. Оставшуюся жидкость взмучивали и переносили пипеткой на предметное стекло с лункой или часовое стекло. Подсчёт численности нематод вели под бинокляром МБС-1 или МБС-2 при увеличении в 40–60 раз.

По степени восприимчивости к КН сорта были отнесены к сильновосприимчивым (поражённость клубней ДЗ свыше 25%), средневосприимчивым (поражённость клубней ДЗ от 11 до 24%) и слабовосприимчивым (поражённость клубней ДЗ меньше 10%) сортам картофеля.

### 2. *Вегетационный опыт по оценке восприимчивости сортов картофеля зарубежной селекции к КН*

Для сравнения с лабораторным методом оценки провели вегетационный опыт по оценке восприимчивости 11 сортов картофеля зарубежной селекции к КН. Заражение клубней разных сортов КН провели 8 апреля. Суспензия нематод была получена из пораженных дитиленхозом клубней. В каждый клубень были вставлены три пластмассовые трубочки диаметром 5 мм и длиной 20 мм, в которые вносили суспензию КН по  $40 \pm 10$  экз. Клубни 12 сортов были высажены в вегетационные сосуды объёмом 1 л в супесчаную почву в трех повторностях. При температуре 16–22 °С и оптимальной водообеспеченности (60–70% от полной влагоемкости) при выращивании растений оценку устойчивости провели после 70 сут после инокуляции КН.

После внешней оценки поражения клубня дитиленхозом осторожно в зоне проявления дитиленхоза или в подозрительных местах срезали скальпелем кусочек ткани клубня размером 1 см<sup>2</sup> и помещали его в воду чашки Петри. В чашке Петри этот кусочек измельчали и оставляли в воде на 3–5 ч. Подсчёт численности КН в чашках Петри проводили под бинокляром МБС-1 или МБС-2 при увеличении в 40–60 раз. В случае сомнения, когда в пробе присутствуют другие виды нематод (сапробионты и микогельминты), пипеткой отсасывают суспензию нематод, помещают их на предметное стекло и просматривают под микроскопом с целью определения вида КН. Если пробы не успевали просмотреть в тот же день, то чашки Петри с нематодами помещали в холодильник и сохраняли при температуре 5–8 °С.

Из стеблей, столонов, клубней, корней опытных растений нематод извлекали вороночным методом [8]. На сито помещали подготовленные пробы корней, стеблей, клубней (массой 15 г), на край воронок – этикетку с номерами проб и датой анализа. Через 24 ч подсчитывали число выделившихся КН.

Для оценки зарубежных сортов картофеля на устойчивость к КН испытаны сорта картофеля Ривьера, Экселенс, Беллароза, Роко, Аризона, Эволюшен, Импала, Пикассо, Арроу, Винета, Коллетте и отечественные сорта Удача и Синеглазка (стандарт).

### 3. *Полевой опыт по изучению устойчивости сортов картофеля зарубежной селекции к КН*

Заложен полевой опыт по изучению устойчивости сортов картофеля зарубежной селекции в условиях личного подсобного хозяйства. Высажены 10 сортов картофеля зарубежной селекции и два отечественных сорта, как стандарты. Были посажены по 15 внешне здоровых клубней каждого сорта. Для создания искусственного инвазионного фона в каждую лунку при посадке были положены половинки клубней, поражённых дитиленхозом. У порезанных клубней предварительно вырезали глазки во избежание пересортицы. Полевой опыт заложен в трёхкратной повторности на супесчаной почве. Расстояние между рядами 60 см, между растениями 30 см. Посадка 4 мая; агротехника выращивания, принятая в личных подсобных хозяйствах. Проведены фенологические и фитосанитарные наблюдения, учёт проявления дитиленхоза и других болезней, вредителей [7, 8].

Оценка продуктивности растений испытанных сортов и клубневой анализ проведены на 10 опытных растениях по методике А. А. Шестепорова [7, 8].

В период уборки проведён клубневой анализ десяти растений каждого сорта для учёта числа заражённых дитиленхозом клубней. В связи с тем, что при клубневом анализе на клубнях почти всех испытанных сортов не было выявлено проявления дитиленхоза, клубни 10 растений каждого сорта были помещены в мешки и их хранили при 10–15 °С в течение 60 сут. Степень поражения каждого образца определена по соотношению поражённых КН и незаражённых клубней картофеля, а также по проценту поражённых (дитиленхозных) клубней. После внешней оценки поражения

клубня дитиленхозом осторожно в зоне проявления дитиленхоза или в подозрительных местах срезали скальпелем кусочек ткани клубня размером 1 см<sup>2</sup> и помещали его в воду чашки Петри. В чашке Петри этот кусочек измельчали и оставляли в воде на 3–5 ч. Подсчёт численности клубневых нематод в чашках Петри проводили под биноклем МБС-1 или МБС-2 при увеличении в 40–60 раз.

## Результаты и обсуждение

### 1. Оценка нематодоустойчивости сортов картофеля зарубежной селекции к КН в лабораторных условиях

Сравнение двух методов внесения инокулюма КН показало, что метод «пирамидки» немного эффективнее метода «трубочки». В клубнях с «пирамидками» численность дитиленхов была выше (табл. 1).

Таблица 1 [Table 1]

#### Оценка восприимчивости сортов картофеля зарубежной селекции к клубневой нематоды в лабораторных условиях

#### [Evaluation of the susceptibility of potato varieties of foreign breeding to tuberous nematode in laboratory conditions]

Сорт и метод инокуляции [Variety and method of inoculation]	Число клубней с ДЗ [Number of tubers with ditylenhosis]	% дитиленхозных клубней [% ditylenchose tubers]	Численность дитиленхов в 1 см <sup>2</sup> поверхности клубня [The number of <i>D. destructor</i> in 1 cm <sup>2</sup> of tuber surface]
Экселенс			
П	3	100	173
Т	2	67	154
Импала			
П	2	67	112
Т	1	33	85
Роко			
П	1	33	76
Т	1	33	145
Эволюшен			
П	2	67	148
Т	1	33	54
Ривьера			
П	3	100	212
Т	3	100	56
Аризона			
П	1	33	82
Т	0	0	0
Беллароза			
П (стандарт)	3	100	186
Т	3	100	204

Примечание [Note]. П – пирамидка; Т – трубочка [P – pyramid; T – tube]

В результате оценки 7 зарубежных сортов картофеля на восприимчивость к КН устойчивых сортов картофеля не выявлено. По степени восприимчивости к клубневой нематоды сорта отнесены к сильновосприимчивым (Ривьера, Экселенс, Беллароза), средневосприимчивым (Аризона, Эволюшен, Импала, Роко).

### 2. Вегетационный опыт по оценке восприимчивости 13 сортов картофеля зарубежной селекции к КН

Для сравнения с лабораторным методом провели вегетационный опыт по оценке восприимчивости 12 сортов картофеля зарубеж-

ной селекции и отечественных сортов Удача (стандарт) и Синеглазка (стандарт) к КН. В нижних частях стеблей, столонах, молодых клубнях и корнях растений стандартного сорта Удача численность КН была высокой – от 350 до 500 экз. На клубнях отмечали дитиленхоз; численность дитиленхов колебалась от 15 до 75 экз. в 1 см<sup>2</sup> пораженной поверхности клубня. Другой стандартный сорт Синеглазка, который в ЛПХ сильно поражен дитиленхозом, в вегетационном опыте оказался слабовосприимчивым: численность в органах растений колебалась от 11 до 55 экз.

После фитогельминтологического анализа нижних частей стеблей, столонов, молодых клубней и корней испытанные сорта разделили на три группы восприимчивости по степени размножения КН.

В первую группу сильно-восприимчивых, кроме стандартного сорта Удача, вошли сорта – Экселенс, Беллароза, Ривьера и Роко. В клубнях сортов Экселенс, Беллароза были симптомы дитиленхоза. В 1 см<sup>2</sup> пораженной поверхности обнаружили от 80 до 100 клубневых нематод, представленными самками, самцами, личинками. При выделении вороночным методом из нижних частей стеблей, столонов молодых клубней и корней этих сортов установлена высокая численность клубневых нематод (от 300 до 1000 экз.) (табл. 2). В клубнях сорта Роко признаки дитиленхоза были менее выражены и численность клубневых нематод была меньше (от 6 до 33 экз.), чем у сортов Экселенс, Беллароза. В стеблях, столонах, клубнях, корнях сорта Роко численность была высокой – от 116 до 1000 экз.

Во вторую группу вошли сорта: Аризона, Эволюшен, Импала, Пикассо, Арроу, Синглазка. Для этих сортов характерно размножение КН, но их численность в клубнях и выросших растениях значительно меньше, чем сортов из первой группы. В клубнях этих сортов на 1 см<sup>2</sup> поверхности выделили от 12 до 52 самок, самцов и личинок КН. В стеблях, столонах, молодых клубнях, корнях оказалось от 5 до 48 самок, самцов и личинок КН (табл. 2).

В третью группу вошли два сорта Винета и Коллетте, для которых характерна самая низ-

Таблица 2 [Table 2]

Результаты оценки восприимчивости сортов картофеля к клубневой нематоде  
[The results of assessing the susceptibility of potato varieties to the tuberous nematode]

Сорт [Variety]	Признаки ДЗ в клубнях [Signs of ditylenhosis in tubers]	Численность дитиленхов в 1 см <sup>2</sup> по- верхности клубня [The number of <i>D. destructor</i> in 1 cm <sup>2</sup> of tuber surface]		Присутствие самок, самцов, личинок [Presence of females, males, larvae]	Численность дитиленхов в стеблях, сто- лонах, клубнях, корнях [The number of <i>D. destructor</i> in stems, stolons, tubers, roots]		Присутствие самок, самцов, личинок [Presence of females, males, larvae]	
		мин. [min.]	макс. [max.]		средн. [average]	мин. [min.]		макс. [max.]
Экселенс	ДЗ	80	100	90	300	1000	650	С, М, Л
Беллароза	ДЗ	60	70	65	120	1000	560	С, М, Л
Роко	ДЗ сл.	6	33	15	116	1000	400	С, М, Л
Аризона	ДЗ сл.	40	70	52	25	70	48	С, М, Л
Эволюшен	ДЗ сл.	17	80	50	2	20	12	С, Л
Импала	ДЗ сл.	4	40	18	8	23	17	С, М, Л
Пикассо	ДЗ сл.	5	50	20	12	55	30	С, М, Л
Арроу	ДЗ сл.	6	18	12	4	37	15	С, М, Л
Синглазка(ст)	-	11	14	12	16	55	30	С, М, Л
Винета	-	3	8	5	10	27	12	С, М, Л
Коллетте	ДЗ сл.	4	11	7	6	20	15	С, М, Л
Ривьера	ДЗ	50	100	75	100	500	450	С, М, Л
Удача(ст)	ДЗ	15	75	55	25	500	350	С, М, Л

Примечание [Note]. ДЗ сл. – слабое проявление дитиленхоза [weak manifestation of ditylenhosis]

кая численность КН в клубнях (от 3 до 7 экз.) и стеблях, столонах, клубнях, корнях (от 12 до 15 экз.). Присутствие в популяциях самок, самцов и личинок на 70-е сутки после инокуляции клубней суспензией КН свидетельствует о том, что дитиленхи размножились, но скорость роста их популяций было минимальной.

Таким образом, в результате оценки зарубежных сортов картофеля на восприимчивость к КН устойчивых сортов картофеля не выявлено. По степени восприимчивости к клубневой нематод сорта отнесены к сильновосприимчивым (Ривьера, Экселенс, Беллароза, Роко), средневосприимчивым (Аризона, Эволюшен, Импала, Пикассо, Арроу) и слабовосприимчивым (Винета, Коллетте).

### 3. Полевой опыт по оценке нематодоустойчивости сортов картофеля зарубежной селекции к КН

Оценка восприимчивости сортов картофеля зарубежной селекции к КН в полевом опыте подтвердила результаты лабораторных и вегетационных опытов. Все испытанные сорта оказались восприимчивыми (табл. 3). Клубни стандартных сортов Удача и Невский были поражены дитиленхозом и заражены КН на 6,8 и 7,8% соответственно. Необходимо отметить, что погодные условия не благоприятствовали заражению молодых клубней картофеля. В июле и августе выпало очень мало осадков. Поэтому в сухой супесчаной почве миграция дитиленхов была затруднена [1, 2].

Таблица 3 [Table 3]

Оценка восприимчивости сортов картофеля зарубежной селекции к КН в полевом опыте  
[Evaluation of the susceptibility of potato varieties of foreign breeding to tuberous nematode in the field experiment]

Сорт [Variety]	Число клубней с 10 растений [Number of tubers from 10 plants]	Число дитиленхозных клубней [Number of ditylenchose tubers]	% дитиленхозных клубней [% ditylenchose tubers]
Гала	114	12	10,7
Экселенс	102	9	8,8
Импала	98	3	3,1
Роко	104	1	1
Эволюшен	91	4	4,4
Арроу	98	4	4,1
Аризона	101	2	2
Беллароза	105	8	7,6
Арсенал	108	3	2,8
Пикассо	116	4	3,4
Ривьера	119	12	10,1
Удача (ст)	102	7	6,9
Невский (ст)	115	8	7,0
Фонтанэ	101	9	8,9

Первые признаки дитиленхоза проявились при уборке картофеля на клубнях. После 60 сут хранения клубней симптомы дитиленхоза проявились на клубнях в разной степени. При лёгком заражении КН признаки поражения наблюдали, лишь сняв с клубней кожицу. В местах проникновения паразита можно обнаружить белые пятна рыхлой ткани, в которой под микроскопом можно увидеть нематод и их яйца.

При более сильном заражении на поверхности возникали свинцово-серые пятна, которые постепенно темнели и приобретали тёмно-коричневую окраску, с характерным

металлическим блеском (рис.). Поражённые участки вследствие ферментативного разрушения клеток клубней ссыхались и сморщивались. В отдельных местах кожа отставала и при продавливании легко проваливалась; на коже появлялись трещины, в которых видна светло-коричневая поражённая ткань. На поражённых дитиленхозом клубнях зарубежных сортов картофеля хорошо видны симптомы дитиленхоза (рис.).

На уровне и выше стандартных сортов по восприимчивости к КН были сорта: Гала, Экселенс, Фонтанэ, Беллароза. Сорта Аризона,





Рис. Проявление дитиленхоза на клубнях зарубежных сортов картофеля после 60 сут хранения: слева наружный вид пораженных клубней, справа – проявление дитиленхоза на разрезе клубней

[Fig. Manifestation of ditylenchosis on the tubers of foreign potato varieties after 60 days of storage: on the left is the external view of the affected tubers, on the right is the manifestation of ditylenchosis on a section of the tubers]

Импала, Пикассо, Ривьера, Арроу, Эволюшен, Арсенал (2–3,4% дитиленхозных клубней). К слабовосприимчивым (1%) сортам картофеля отнесли сорт Роко. К сожалению, для опыта не удалось достать клубни слабовосприимчивых по данным вегетационного опыта сортов Винета и Коллетте.

### Заключение

В результате оценки сортов картофеля зарубежной селекции на восприимчивость к КН тремя методами установлено, что все испытанные сорта картофеля были поражены дитиленхозом и заражены нематодами *Ditylenchus destructor* в той или иной степени. По степени восприимчивости к КН сорта отнесены к сильновосприимчивым, средневосприимчивым и слабовосприимчивым. Устойчивые сорта картофеля к КН не выявлены. Три проверенные метода (лабораторный, вегетационный и полевой) оценки восприимчивости к КН сортов картофеля показали, что они могут быть использованы в практике испытания сортов на устойчивость к КН.

Если два первых метода проводились в контролируемых условиях, то полевой метод зависел от агрометеорологических условий выращивания испытываемых сортов картофеля. При полевой оценке после 60 сут хранения у большинства сортов число пораженных дитиленхозом клубней возросло. При хранении в зараженных *D. destructor* клубнях происходит развитие заболевания, усиление признаков дитиленхоза, размножение нематоды (рис.). Этот прием необходимо использовать при оценке сортов картофеля на устойчивость к КН *D. destructor*.

### Список источников

1. Бзыкова З. А., Щербинин А. Н. Изучение устойчивости сортов картофеля к стеблевой нематоды в условиях Северо-Осетинской АССР // Сборник зоологических работ. Орджоникидзе, 1973. С. 75-79.
2. Иванюк В. Г., Банадысов С. А., Журомский Г. К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Мн.: РУП «Белорусский НИИ картофелеводства». 2003. 550с.

3. Ильяшенко Д. Ф. Дитиленхоз картофеля в Беларуси. Минск, 2008. 103 с.
4. Международные стандарты по фитосанитарным мерам. МСФМ 27 диагностические протоколы: *Ditylenchus dipsaci* и *Ditylenchus destructor*. (2015). Рим, МККЗР, ФАО. 34 с.
5. Рябцева Н. А. Дитиленхоз картофеля в зависимости от разновидности сорта // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (128). С. 31-35.
6. Федоренко С. В. Разработка лабораторного метода оценки устойчивости к дитиленхозу селекционного материала картофеля // Сборник материалов III международной научно-практической конференции «Биотехнология: достижения и перспективы развития». 2018. С. 44-46.
7. Шестеперов А. А. и др. Создание нематодоустойчивых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. М.: РГАЗУ, 2004. 97 с.
8. Шестеперов А. А. и др. Дитиленхозы сельскохозяйственных культур и декоративных растений и меры борьбы с ними. М.: РГАЗУ, 2014. 178 с.
9. Шестеперов А. А., Перевертин К. А., Багров Р. А., Бутенко К. О. Клубневая нематода картофеля: биология и контроль // Картофель и овощи. 2018. № 7. С. 27-31.
10. Шестеперов А. А. и др. Полевая оценка сортов картофеля на устойчивость к клубневой нематоде и дитиленхозу в условиях полевого опыта // Биосфера. 2022. Т. 14, № 4. С. 427-429.
11. Шнаар Д. Защита растений в устойчивых системах земледелия (в 4-х книгах). Книга 4. 2004. 345 с.
12. Ingrid H. Williams, Marika Mänd, Angela Ploomi et al. Low temperature survival of post-eclosion stages of the potato rot nematode *Ditylenchus destructor* Thorne (Tylenchida: Anguinidae). International Journal of Fundamental and Applied Nematological Research. 2011; 13 (8). 977-983.
13. Kim Y., Yang J. Recent research on enhanced resistance to parasitic nematodes in sweetpotato. Plant Biotechnology Report. 2019; 13: 559-566.
14. Mwaura P., Niere B., Vidal S. Resistance and tolerance of potato varieties to potato rot nematode (*Ditylenchus destructor*) and stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*). Annals of Applied Biology. 2015; 166 (2): 257-270. <https://doi.org/10.1111/aab.12180>

Статья поступила в редакцию 09.03.2023; принята к публикации 20.07.2023

Об авторах:

**Шестеперов Александр Александрович**, ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-000109956-6407, [aleks.bperov@yandex.ru](mailto:aleks.bperov@yandex.ru)

**Володин Александр Иванович**, Российский университет дружбы народов РУДН (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6), Москва, Россия, [alex@agrico-cis.ru](mailto:alex@agrico-cis.ru)

Вклад соавторов:

**Шестеперов Александр Александрович** – развитие методологии, проведение исследований и критический анализ материалов.

**Володин Александр Иванович** – проведение исследований и критический анализ материалов, обзор исследований по проблеме.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

1. Bzykova Z. A., Shcherbinin A. N. Study of the potato variety resistance to the stem nematode in the North Ossetian Autonomous Soviet Socialist Republic. *Sbornik zoologicheskikh rabot = Collection of zoological studies*. Ordzhonikidze, 1973; 75-79. (In Russ.)
2. Ivanyuk V. G., Banadysov S. A., Zhuromsky G. K. Protection of potatoes from diseases, pests, and weeds. Minsk: Republican Unitary Enterprise Belarusian Scientific Research Institute for Potato Growing, 2003; 550. (In Russ.)
3. Ilyashenko D. F. *Ditylenchus* infection of potato in Belarus. Minsk, 2008; 103. (In Russ.)
4. International Standards for Phytosanitary Measures. ISPM 27 Diagnostic Protocols: *Ditylenchus dipsaci* and *Ditylenchus destructor*. (2015). Rome, International Plant Protection Convention, FAO. 34.
5. Ryabtseva N. A. Variety-dependent *Ditylenchus* infection of potato. *Vestnik Altayskogo*

- gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2015; 6 (128): 31-35. (In Russ.)
6. Fedorenko S. V. Development of a laboratory evaluation method for resistance of potato breeding material to *Ditylenchus* infection. *Sbornik materialov III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biotekhnologiya: dostizheniya i perspektivy razvitiya» = Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Biotechnology: Achievements and Development Prospects"*. 2018; 44-46. (In Russ.)
  7. Shesteporov A. A. et al. Creation of nematode-resistant varieties and hybrids of crops. M.: Russian State Agrarian Correspondence University, 2004; 97. (In Russ.)
  8. Shesteporov A. A. et al. *Ditylenchus* infection of agricultural crops and ornamental plants, and control measures. M.: Russian State Agrarian Correspondence University, 2014; 178. (In Russ.)
  9. Shesteporov A. A., Perevertin K. A., Bagrov R. A., Butenko K. O. Potato tuber nematode: biology and control. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and vegetables*. 2018; 7: 27-31. (In Russ.)
  10. Shesteporov A. A. et al. Field evaluation of potato varieties for resistance to potato tuber nematode and *Ditylenchus* infection in a field trial. *Biosfera*. 2022; 14 (4): 427-429. (In Russ.)
  11. Spaar D. Plant protection in sustainable systems of agriculture (in 4 books). Book 4. 2004; 345. (In Russ.)
  12. Ingrid H. Williams, Marika Mänd, Angela Ploomi et al. Low temperature survival of post-eclosion stages of the potato rot nematode *Ditylenchus destructor* Thorne (Tylenchida: Anguinidae). *International Journal of Fundamental and Applied Nematological Research*. 2011;13 (8): 977-983.
  13. Kim Y., Yang J. Recent research on enhanced resistance to parasitic nematodes in sweetpotato. *Plant Biotechnology Report*. 2019; 13: 559–566.
  14. Mwaura P., Niere B., Vidal S. Resistance and tolerance of potato varieties to potato rot nematode (*Ditylenchus destructor*) and stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*). *Annals of Applied Biology*. 2015; 166 (2): 257-270. <https://doi.org/10.1111/aab.12180>

The article was submitted 19.03.2023; accepted for publication 20.07.2023

*About the authors:*

**Shesteporov Alexander A.**, VNIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-000109956-6407, [aleks.6perov@yandex.ru](mailto:aleks.6perov@yandex.ru)

**Volodin Alexander I.**, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University) (6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198), Moscow, Russia, [alex@agrico-cis.ru](mailto:alex@agrico-cis.ru)

*Contribution of co-authors:*

**Shesteporov Alexander A.** – methodology development, research and critical analysis of materials.

**Volodin Alexander I.** – research and critical analysis of materials, review of research on the issue.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

ISSN 1998-8435



9 771998 843009