



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 1'2023

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
- Экология и биология паразитов
Ecology and Biology of Parasites
- Биохимия, биотехнология и диагностика
Biochemistry, Biotechnology and Diagnostics
- Патогенез, патология и экономический ущерб
Pathogenesis, Pathology and Economic Damage
- Фармакология, токсикология
Pharmacology, Toxicology
- Лечение и профилактика
Treatment and Prevention
- Памяти ученого
In Memory of a Scientist

RUSSIAN JOURNAL OF PARASITOLOGY

Vol. 17
Issue 1'2023



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: 10.31016/1998-8435-2023-17-1

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

РОССИЙСКИЙ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том 17
Выпуск 1'2023

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: 10.31016/1998-8435-2023-17-1

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

RUSSIAN JOURNAL OF PARASITOLOGY

Vol. 17
Issue 1'2023

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
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 № 1-001-2/2023. Свободная цена.

Формат: 70 x 108 1/16. Усл. печ. л. 15,75.

Подписано в печать: 20.03.2023

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 (Москва, Россия)

Заместители главного редактора

АРИСОВ Михаил Владимирович, доктор ветеринарных наук, профессор РАН, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, 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 (Москва, Россия)

Научный редактор

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

Ответственный секретарь

ВАРЛАМОВА Анастасия Ивановна, доктор биологических наук, secretar@vniigis.ru (Москва, Россия)

Переводчик

ЯРЦЕВА Ангелина Сергеевна, 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)

ГОРОХОВ Владимир Васильевич, доктор биологических наук, профессор, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; SCOPUS ID: 7005745406; gorohov@vniigis.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)

МОВСЕЯН 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)

НИКИТИН Василий Филиппович, доктор ветеринарных наук, профессор, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН; secretar@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; safiullin_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; shesteperov@vniigis.ru (Москва, Россия)

BANKOV Iliа 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)

DUBINSKY Pavol, профессор, Институт паразитологии Словацкой академии наук; SCOPUS ID: 7004816422; dubinsky@saske.sk (Кошице, Словацкая Республика)

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; marianasrp@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).

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: March 20, 2023

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

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

Sheet size 70x108 1/16. Conventional printed sheets 15.75.

Order No. 1-001-2/2023. 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 (Moscow, Russian Federation)

Deputy editor-in-chief

Mikhail V. ARISOV, doctor of veterinary sciences, prof. RAS, VNIIP – FSC VIEV, 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 (Moscow, Russian Federation)

Science editor

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

Executive Secretary

Anastasiya I. VARLAMOVA, doctor of biological sciences, secretar@vniigis.ru (Moscow, Russian Federation)

Translator

Angelina S. YARTSEVA
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)

Vladimir V. GOROHOV, doctor of biological sciences, professor, VNIIP – FSC VIEV; SCOPUS ID: 7005745406; gorohov@vniigis.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)

Vasily F. NIKITIN, doctor of veterinary sciences, professor, VNIIP – FSC VIEV; secretar@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.sergievy@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; shesteperv@vniigis.ru (Moscow, Russian Federation)

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)

Pavol DUBINSKY, professor, Parasitological Institute of Slovak Academy of Sciences; SCOPUS ID: 7004816422; dubinsky@saske.sk (Kosice, Slovakia)

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 parazitologicheskiy 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-parazitologicheskiy-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-parazitologicheskiy-zhurnal>

ISSN 1998-8435 (Print)

ISSN 2541-7843 (Online)

СОДЕРЖАНИЕ

ФАУНА, МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ПАРАЗИТОВ

Акбаров А. А., Акрамова Ф. Д., Шакарбаев У. А., Азимов Д. А. Биоразнообразие гельминтов каракульских овец Хорезмского оазиса Узбекистана	11
Решетников А. Д., Барашкова А. И. Видовой состав и экология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Якутии	19
Романова Н. Н., Головина Н. А., Вишторская А. А., Головин П. П. Фауна трематод рыб в водохранилищах Европейской части России	28
Цветков И. Н., Цветкова К. Н., Кораблёв Н. П. Особенности гельминтофауны Mustelidae Полистовского государственного заповедника и факторы её формирования	43

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ПАРАЗИТОВ

Юрахно В. М. Микроспоридии рода <i>Kudoa</i> (локализация в организме рыб, форма спор и пути их попадания во внешнюю среду и в новых хозяев)	57
---	----

БИОХИМИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ И ДИАГНОСТИКА

Жданова О. Б., Успенский А. В., Написанова Л. А., Часовских О. В., Россохин Д. В., Андреев О. Н., Малышева Н. С., Качанова Е. О. Влияние интенсивности инвазии на морфологические характеристики личинок <i>Trichinella spiralis</i> при экспериментальном заражении белых крыс и распределение их в мышцах	74
Кряжев А. Л., Новиков А. С. Идентификация таксономической принадлежности криптоспоридий у поросят в условиях северо-запада РФ при помощи молекулярно-генетических методов	84
Курносова О. П., Зайцев В. С., Арисов М. В. Сравнительная диагностическая эффективность микроскопии, комбинированной флотации и полимеразной цепной реакции для выявления <i>Giardia spp.</i> у собак и кошек	91

ПАТОГЕНЕЗ, ПАТОЛОГИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ

Решетникова А. Д., Климова Е. С. Влияние кишечных кокцидиозов на прирост массы тела молодняка крупного рогатого скота	99
--	----

ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ

Защепкина В. В., Мусаев М. Б. Влияние супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на постнатальное развитие потомства крыс	105
Махватова Н. В., Качанова Е. О. Изучение переносимости повышенных доз препаратов для наружного применения на основе фипронила, празиквантела, моксидектина и пирипроксифена	114
Новик Т. С., Ковешникова Е. И., Тхакахова А. А., Чукина С. И., Написанова Л. А., Андреев О. Н., Успенский А. В. Антимитотические эффекты экстракта протосколексов <i>Cysticercus tenuicollis</i> при введении мышам и их негативные последствия для организма	124

ЛЕЧЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА

Архипов И. А., Варламова А. И., Качанова Е. О. Оптимальные схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота	134
Варламова А. И., Халиков С. С., Метелева Е. С., Евсеенко В. И., Халиков М. С., Архипов И. А. Эффективность комплексных твердых дисперсий антигельминтиков при экспериментальном трихинеллезе	142
Полухина Д. Н., Панова О. А., Курносова О. П., Емельянова Н. Б., Сысоева Н. Ю., Хрусталева А. В., Качурина Л. И. Опыт освобождения лабораторных крыс от возбудителей паразитарных болезней в виварии открытого типа содержания	151
Халиков М. С. Растворимость триклабендазола как фактор, определяющий активность его твердых дисперсий с полимерами	163

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

ГУБАНОВ Николай Михайлович (1923–1974)	170
--	-----

CONTENTS

FAUNA, MORPHOLOGY AND SYSTEMATICS OF PARASITES

Akbarov A. A., Akramova F. J., Shakarbayev U. A., Azimov D. A. Biodiversity of helminths in Karakul sheep in the Khorezm Oasis of Uzbekistan	11
Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. Species composition and ecology of blood-sucking mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Yakutia	19
Romanova N. N., Golovina N. A., Vishtorskaya A. A., Golovin P. P. Trematode fauna of fish inhabiting reservoirs of the European part of Russia	28
Tsvetkov I. N., Tsvetkova K. N., Korablev N. P. Special features of helminth fauna of Mustelidae in the Polistovsky National Nature Reserve and development factors	43

ECOLOGY AND BIOLOGY OF PARASITES

Yurakhno V. M. Myxosporeans of the genus Kudoa (localization in the fish body, the form of spores and ways of their entry into the environment and into new hosts)	57
--	----

BIOCHEMISTRY, BIOTECHNOLOGY AND DIAGNOSTICS

Zhdanova O. B., Uspensky A. V., Napisanova L. A., Rassokhin D. V., Chasovskikh O. V., Andreyanov O. N., Malysheva N. S., Kachanova E. O. Influence of intensity of infection on morphological characteristics of <i>Trichinella spiralis</i> larvae at experimental infection of white rats and their distribution in muscles	74
--	----

Kryazhev A. L., Novikov A. S. Identification of the <i>Cryptosporidium</i> taxonomic affiliation in pigs in the north-west of the Russian Federation using molecular genetic methods	84
Kurnosova O. P., Zaitsev V. S., Arisov M. V. Comparative diagnostic efficacy of microscopy, combined flotation and polymerase chain reaction to detect <i>Giardia</i> spp. in dogs and cats	91

PATHOGENESIS, PATHOLOGY AND ECONOMIC DAMAGE

Reshetnikova A. D., Klimova E. S. Influence of intestinal coccidiosis on weight gain of young cattle	99
--	----

PHARMACOLOGY, TOXICOLOGY

Zashchepkina V. V., Musaev M. B. Effect evaluation of supramolecular complex of ivermectin Aniverm-2.0% on postnatal development of rat offspring	105
Makhvatova N. V., Kachanova E. O. Study of the tolerance of high doses of drugs for external use based on fipronil, praziquantel, moxidectin and pyriproxyfen	114
Novik T. S., Koveshnikova E. I., Tkhakakhova A. A., Chukina S. I., Napisanova L. A., Andreyanov O. N., Uspensky A. V. Antimitotic effects of <i>Cysticercus tenuicollis</i> protoscolexes extract at administration to mice and their negative consequences for organism	124

TREATMENT AND PREVENTION

Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Kachanova E. O. Optimal schemes for the use of anthelmintics at gastrointestinal strongylatosis of young cattle	134
Varlamova A. I., Khalikov S. S., Meteleva E. S., Evseenko V. I., Khalikov M. S., Arkhipov I. A. The efficacy of complex solid dispersions of anthelmintics against experimental trichinellosis	142
Polukhina D. N., Panova O. A., Kurnosova O. P., Emelyanova N. B., Sysoeva N. Yu., Khrustalev A. V., Kachurina L. I., Experience of eradicating parasites of laboratory rats in conventional vivarium	151
Khalikov M. S. Solubility of triclabendazole as a factor determining the activity of its solid dispersions with polymers	163

IN MEMORY OF A SCIENTIST

GUBANOV Nikolai M. (1923–1974)	170
---	-----

Научная статья

УДК 619:595.895.132

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-11-18>

Биоразнообразие гельминтов каракульских овец Хорезмского оазиса Узбекистана

Аброр Акмалович Акбаров¹, Фируза Джалалиддиновна Акрамова²,
Улугбек Абдулакимович Шакарбаев³, Джалалиддин Азимович Азимов⁴

¹ Государственный комитет ветеринарии и развития животноводства, г. Ташкент, Узбекистан

²⁻⁴ Институт Зоологии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

¹ qabulxona2@vetgov.uz

² f.akramova-1976@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7662-3605>

³ ushakarbaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1475-2583>

⁴ zoology@academy.uz, <https://orcid.org/0000-0002-2674-9242>

Аннотация

Цель исследований – изучение фауны гельминтов и структуры гельминтоценозов каракульских овец Хорезмского оазиса Узбекистана.

Материалы и методы. Материалом для настоящей работы служили сборы гельминтов от каракульских овец из разнотипных хозяйств Хорезмской области общепринятыми методами. Всего исследовано 13 овец. Для выявления доминирующих гельминтозов у овец исследовано методом неполных гельминтологических вскрытий 110 комплектов отдельных органов. Сбор гельминтов проводили в убойных пунктах Багатского, Кушкупырского, Ургенчского, Янгиарыкского и Шаватского районов Хорезмской области. Кроме того, использованы собранные за 2015–2021 гг. гельминты у овец Хорезмской области.

Результаты и обсуждение. Нами установлено, что фауна гельминтов каракульских овец Хорезмского оазиса представлена 22 видами, принадлежащими классам Cestoda, Trematoda и Nematoda. Цестоды представлены 6 видами, трематоды – 3 и нематоды – 13. Фаунистический состав гельминтов исследуемых животных заметно обеднен, по сравнению с другими регионами Узбекистана, вследствие природно-экологических условий Хорезмского оазиса. Общая зараженность овец гельминтами составила 100%. Интенсивность инвазии колебалась в зависимости от сезона года и возраста овец и составила от десятков до несколько тысяч экземпляров. Экологическими нишами отмеченных гельминтов оказались, практически, все органы и системы животных. Большинство видов гельминтов были общими для домашних и диких копытных.

Ключевые слова: гельминтофауна, гельминтоценозы, каракульские овцы, копытные, зараженность, Хорезмский оазис, Узбекистан

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Акбаров А. А., Акрамова Ф. Д., Шакарбаев У. А., Азимов Д. А. Биоразнообразие гельминтов каракульских овец Хорезмского оазиса Узбекистана // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 11–18. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-11-18>

© Акбаров А. А., Акрамова Ф. Д., Шакарбаев У. А., Азимов Д. 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

Biodiversity of helminths in Karakul sheep in the Khorezm Oasis of Uzbekistan

Abror A. Akbarov¹, Firuza J. Akramova², Ulugbek A. Shakarbayev³,
Djalaliddin A. Azimov⁴

¹ State Committee for Veterinary Medicine and Livestock Development, Tashkent, Uzbekistan

²⁻⁴ Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

¹ qabulxona2@vetgov.uz

² f.akramova-1976@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7662-3605>

³ ushakarbaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1475-2583>

⁴ zoology@academy.uz, <https://orcid.org/0000-0002-2674-9242>

Abstract

The purpose of the research is to study the helminth fauna and the structure of helminthocenoses of Karakul sheep in the Khorezm Oasis of Uzbekistan.

Materials and methods. The material for this study was helminths collected by conventional methods from Karakul sheep from farms of different types in the Khorezm Region. A total of 13 sheep were studied. To identify the dominant helminth infections in sheep, 110 sets of individual organs were examined by the method of partial helminthological dissections. Helminths were collected in slaughterhouses of the Bagat, Kushkupy, Urgench, Yangiaryk and Shavat Districts of the Khorezm Region. Additionally, the helminths collected from sheep in the Khorezm Region for 2015–2021 were used.

Results and discussion. We found that the helminth fauna of Karakul sheep from the Khorezm Oasis was represented by 22 species of the classes Cestoda, Trematoda and Nematoda. Cestodes were represented by 6 species, trematodes by 3 species, and nematodes by 13 species. The faunistic composition of helminths in studied animals was noticeably depleted as compared to other Uzbekistan regions due to natural and ecological conditions of the Khorezm Oasis. The total helminth infection rate in sheep was 100%. The intensity of infection varied depending on the season of the year and the age of sheep and ranged from tens to several thousand specimens. Almost all organs and systems of the animals were found to be ecological niches of the above helminths. Most of helminth species were common to both domesticated and wild ungulates.

Keywords: helminth fauna, helminthocenoses, Karakul sheep, ungulates, infection rate, Khorezm Oasis, Uzbekistan

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

There is no conflict of interests.

For citation: Akbarov A. A., Akramova F. J., Shakarbayev U. A., Azimov D. A. Biodiversity of helminths in Karakul sheep in the Khorezm Oasis of Uzbekistan. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17(1): 11–18. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-11-18>

© Akbarov A. A., Akramova F. J., Shakarbayev U. A., Azimov D. A., 2023

Введение

Хорезмский оазис – один из древнейших районов животноводства Республики Узбекистан. Здесь разводят овец различных пород в разнотипных фермерских и дехканских хозяйствах. Важное место в животноводстве оазиса занимает каракулеводство, дающее ценные шкурки, мясо, шерсть.

В результате работы гельминтологических экспедиций, а также специалистов-гельминтологов на местах, к настоящему времени выявлен видовой состав гельминтов у овец [2, 8, 10], практически, во всех географических и административных районах Узбекистана, за исключением Хорезмского оазиса. Научные исследования по фауне гельминтов у овец в этом

регионе не проводили. Об этом свидетельствует отсутствие каких-либо данных о видовом составе гельминтов мелкого рогатого скота. В ветеринарной отчетности имеются данные по диагностике гельминтозов у животных в Хорезмской области – фасциоза, шистосомоза, эхинококкоза, мониезиоза и др., что представляет важное значение в организации лечебно-профилактических мероприятий.

Целью нашей работы было изучение гельминтофауны овец, определение доминирующих видов и групп гельминтов, вызывающих соответствующие заболевания у каракульских овец в условиях своеобразного района – Хорезмского оазиса Узбекистана.

Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили сборы гельминтов от овец большинство районов Хорезмской области известными методами. Всего исследовано 13 голов овец методом полных гельминтологических вскрытий. Для выявления доминирующих гельминтозов овец исследовано 110 комплектов отдельных органов. Сбор гельминтов проводили в убойных пунктах Багатского, Кушкуньского, Ургенчского, Янгиарыкского и Шаватского районов Хорезмской области. Кроме того, использованы собранные сотрудниками лаборатории Общей паразитологии Института Зоологии АН РУз за 2015–2021 гг. гельминты у овец Хорезмской области.

Видовое определение гельминтов осуществляли с использованием определителей и руководств отечественных и зарубежных авторов [2, 3, 6, 10, 11].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований идентифицировано 22 вида гельминтов у овец Хорезмского оазиса. Все исследованные овцы были заражены гельминтами при экстенсивности инвазии 100%. Интенсивность инвазии у отдельных животных колебалась от 11 до 1796 экз.

Из 22 видов гельминтов, выявленных нами у овец Хорезмского оазиса, 3 вида принадлежат к трематодам, 6 – цестодам и 13 видов – к нематодам (табл. 1). Следует отметить, что трематоды встречаются исключительно в увлажненных территориях, а цестоды и нематоды – на пастбищах полупустынных зон.

В большинстве опубликованных работ по фауне гельминтов овец на территории Южного, Центрального и Северо-западного регионов Узбекистана [1, 4, 5, 7, 9] отражены результаты исследования овец каракульской породы. В указанных регионах сконцентрированы, главным образом, каракулеводческие хозяйства. Так, по результатам гельминтологических исследований Южного Узбекистана (Сурхандарьинская, Кашкадарьинская области) у каракульских овец зарегистрировано 53 вида гельминтов, Центрального – 63, Северо-западного (Каракалпакстан) – 18 и Хорезмского оазиса – 22 вида. Приведенные данные свидетельствуют об обедненности гельминтофауны овец Северо-западного региона, куда входит и Хорезмская область. Вместе с тем, что гельминтофауна овец этого региона имеет свои особенности. Здесь широко распространены у овец *Schistosoma turkestanicum*, *Gastrothylax crumenifer*, *Fasciola gigantica*, *Setaria labiatopapillosa* и *Parabronema skrjabini*. Отсутствуют некоторые виды нематод семейств Ancylostomatidae, Protostongylidae и Dicrocoeliidae, которые встречаются повсеместно у овец Южного и Восточного Узбекистана, очевидно, вследствие своеобразных природно-экологических условий.

Жизненные циклы всех указанных видов цестод и трематод, как известно, протекают со сменой хозяев; они принадлежат к группе гетероксенных паразитов. Сюда можно отнести представителей семейств цестод Anoplocephalidae, Avitellinidae, Taeniidae; трематод Fasciolidae, Gastrothylacidae, Schistosomatidae. В этом отношении нематоды характеризуются большим разнообразием. Среди них имеются виды или группы, развивающиеся с участием промежуточного хозяина (гетероксенные) – Habronematidae, Gongylonematidae, Setariidae, виды, жизненные циклы которых протекают без участия промежуточных хозяев (гомоксенные) – Chabertidae, Trichostrongylidae, Haemonchidae и Trichocephalidae.

По характеру места паразитирования гельминты у овец Хорезмского оазиса можно подразделить на следующие группы:

1. Паразиты печени; локализуются в желчных ходах этого органа (*F. gigantica*), в тканях печени (*E. granulosis*, larvae).

Таблица 1

Гельминты каракульских овец Хорезмского оазиса
[Helminths of Karakul sheep of the Khorezm oasis]

Вид гельминта [Helminth specie]	ЭИ [EI], %	ИИ, экз. [II, sp.]
Класс [Class] Trematoda		
<i>Fasciola gigantica</i> (Cobbold, 1856)	56,3	11-125
<i>Gastrothylax crumenifer</i> (Creplin, 1847)	16,5	5-86
<i>Schistosoma turkestanicum</i> Skrjabin, 1913	55,8	19-1572
Класс [Class] Cestoda		
<i>Moniezia expansa</i> (Rudolphi, 1810)	29,3	1-7
<i>M. benedeni</i> (Moniez, 1879)	28,5	1-5
<i>Thysaniezia giardi</i> (Moniez, 1879)	15,1	1-3
<i>Taenia hydatigena</i> (Pallas, 1766)*	40,5	1-5
<i>Multiceps multiceps</i> (Leske, 1780)*	1,5	1
<i>Echinococcus granulosus</i> Batsch, 1786*	23,6	1-26
Класс [Class] Nematoda		
<i>Chabertia ovina</i> (Fabricius, 1788)	8,5	3-15
<i>Trichostrongylus axei</i> (Cobbold, 1879)	20,7	3-46
<i>T. vitrinus</i> Looss, 1905	20,5	1-7
<i>Ostertagia circumcincta</i> (Stadelman, 1894)	35,0	1-19
<i>Marschallagia marschalli</i> (Ransom, 1907)	75,8	5-107
<i>Haemonchus contortus</i> (Rudolphi, 1803)	9,0	1-35
<i>Nematodirus helvetianus</i> May, 1920	18,2	3-48
<i>N. oiratianus</i> Rajewskaja, 1929	18,2	1-45
<i>Parabronema skrjabini</i> Rassowska, 1924	52,6	11-138
<i>Gongylonema pulchrum</i> Molin, 1857	15,0	1-5
<i>Setaria labiatopapillosa</i> (Alessandrini, 1838)	38,5	1-15
<i>Trichocephalus ovis</i> Abildgaard, 1795	72,1	1-13
<i>T. skrjabini</i> Baskakow, 1924	35,5	1-9

Примечание.

* – личиночные стадии цестод.

[Note. * – larval stages of cestodes]

2. Паразиты кровеносных сосудов; локализуются в просвете венозных сосудов брыжейки и печени (*Sch. turkestanicum*).
3. Паразиты преджелудков; поселяются в рубце (*G. crumenifer*).
4. Паразиты тонкого кишечника: цестоды (*M. expansa*, *M. benedeni*, *Th. giardi*), нематоды (сем. Trichostrongylidae); локализуются в просвете этого органа.
5. Паразиты головного мозга; локализуются личиночные стадии цестоды *M. multiceps*.
6. Паразиты брюшной полости: личиночные стадии цестоды *T. hydatigena* и половозрелые стадии нематоды *S. labiatopapillosa*.

7. Паразиты легких; локализуются личиночные стадии цестоды *E. granulosus*.

8. Паразиты пищевода: нематоды *G. pulchrum*.

9. Паразиты сычуга: нематоды *H. contortus*, *P. skrjabini* и некоторые виды сем. Trichostrongylidae.

10. Паразиты толстого кишечника: нематоды *Ch. ovina*, *T. ovis* и *T. skrjabini*.

Приведенные данные свидетельствуют о широком потенциале паразитов, которые приспособились к паразитированию, практически, во всех органах и системах овец. Следствием такой «оккупации» является отрицательное влияние на рост и развитие животных, резкое снижение всех видов продуктивности и, в конечном счете, это приводит к гибели интенсивно зараженных животных.

Несомненный интерес представляют биоценологические связи животных, определяющих состав их гельминтофауны.

В фауне гельминтов овец, как и других животных, большинство составляют виды, заражение которыми происходит при поедании кормов, обсемененных инвазион-

ными элементами гельминтов. Сюда относятся трематоды (*F. gigantica*, *G. crumenifer*), все цестоды (6 видов), большинство видов нематод родов *Chabertia*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Marshallagia*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Trichocephalus*.

S. labiatopapillosa и *P. skrjabini* передаются промежуточным хозяином при питании на окончательном хозяине. Здесь роль переносчика отмеченных видов выполняют двукрылые насекомые (Diptera). Для трематоды *Sch. turkestanicum* характерно активное проникновение церкарий через покровы окончательного хозяина. Заражение овец гонгилонемами происходит по-другому. Роль промежуточного хозяина нематоды *G. pulchrum* выполняют

жуки, которые не являются объектом питания овец. Личинки *G. pulchrum* попадают в организм хозяина с кормом или водой.

Вышеуказанные способы заражения овец гельминтами позволяют утверждать, что паразиты каждой таксономической группы используют определенные ценоотические каналы. Например, трематоды из родов *Fasciola*, *Gastrothylax* и *Schistosoma* используют в качестве промежуточных хозяев водных моллюсков, цестоды родов *Moniezia*, *Thysaniezia* – почвенных клещей орибатид, личиночные стадии цестод родов *Taenia*, *Multiceps*, *Echinococcus* развиваются в соответствующих органах, главным образом, копытных животных и человека.

Несомненно, что биоценоотические связи хозяев являются основным фактором, определяющим возможность заражения и поддерживающим циркуляции инвазии в природе. В эволюционном аспекте они обуславливают адаптации паразита к хозяину.

Чрезвычайный интерес представляет установление связей гельминтофауны овец с позвоночными других групп, главным образом, млекопитающих.

В таблице 2 и на рисунке 1 показана взаимосвязь фауны гельминтов у овец и других млекопитающих. Из 22 обнаруженных у овец видов, 100% установлены у парнокопытных, 90,9% – у верблюдов, 27,2% – у непарнокопытных и 13,0% – у хищных.

Таблица 2 [Table 2]

Взаимосвязь гельминтофауны овец и других млекопитающих
[The relationship of the helminth fauna of sheep and other mammals]

Гельминты [Helminths]	Всего родов гельминтов [Total of helminths genera]	В том числе паразитов овец [Including parasites of sheep]	
		число видов [number of species]	%
Овец [Sheep]	18	22	100
Хищных млекопитающих (Carnivora) [Predatory mammals]			
Парнокопытных (Artiodaotyla) [Ungulates]	18	22	100
Непарнокопытных (Perissodactyla) [Odd-toed ungulate]	6	6	27,2
Верблюдов (Tylopoda) [Camels]	15	20	90,9

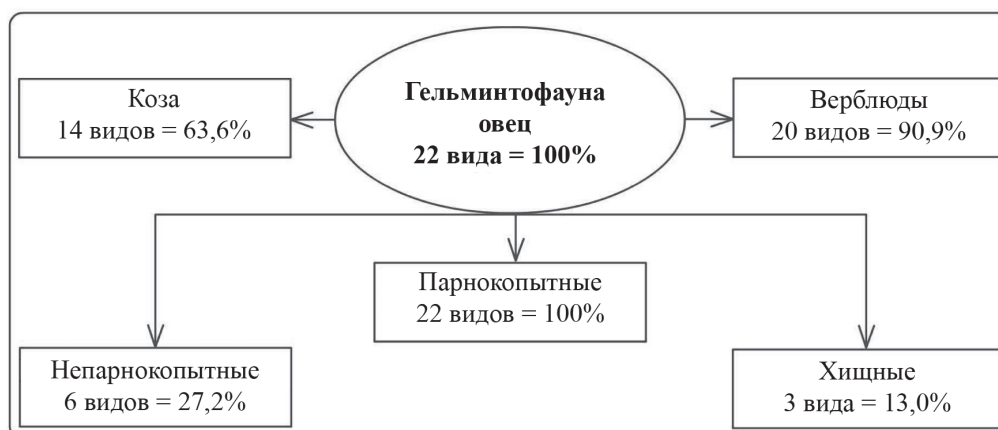


Рис. 1. Взаимосвязь гельминтофауны овец и млекопитающих других групп
[Fig. 1. The relationship between the helminth fauna of sheep and mammals of other groups]

Таким образом, между фаунами гельминтов различных групп млекопитающих существует сложная взаимосвязь. Сходства и различия гельминтофауны рассматриваемых групп животных важны и с точки зрения планирования противоэпизоотических мероприятий при паразитарных болезнях.

В таксономическом отношении, обнаруженные виды гельминтов овец представлены классами Cestoda, Trematoda и Nematoda (табл. 3). Трематоды представлены тремя родами из семейств Fasciolidae, Gastrothylacidae и Schistosomatidae, цестоды – пятью родами из семейств Anoplocephalidae, Avitellinidae и Taeniidae.

Таблица 3 [Table 3]

Таксономическая структура гельминтофауны овец
[Taxonomic structure of the helminth fauna of sheep]

Класс [Class]	Общее число видов [Total number of species]	Семейство [Family]	Род [Genus]	
Trematoda	3	Fasciolidae	Fasciola	
		Gastrothylacidae	Gastrothylax	
		Schistosomatidae	Schistosoma	
Cestoda	6	Anoplocephalidae	Moniezia	
		Avitellinidae	Thysaniezia	
		Taeniidae	Taenia, Multiceps	
			Echinococcus	
Nematoda	13	Chabertidae	Chabertia	
		Trichostrongylidae	Trichostrongylus Ostertagia Marshallagia Nematodirus	
			Haemonchidae	Haemonchus
			Habronematidae	Parabronema
			Gangylnematidae	Gongylonema
		Setariidae	Setaria	
Trichocephalidae	Trichocephalus			

Большинство видов гельминтов овец в исследованном регионе встречается в смешанной форме.

Гельминтоценоз пищеварительной системы. Выявлен у всех 13 особей овец (100%). Включает 16 видов, из них 1 вид трематод, 3 вида цестод и 12 видов нематод. Компоненты гельминтоценоза образуют различные сочетания - от двух до девяти видов. Наиболее часто у овец регистрировали пяти-семи видовые паразитоценозы: *G. crumenifer* + *M. expansa* + *M. benedeni* + *Th. giardi* + *T. hydatigena* + *E. granulosis* + *N. helvetianus* (30,7%).

Гельминтоценоз печени. Состоит из ассоциации трёх видов: *F. gigantica* + *Sch. turkestanicum* + *E. granulosis* (larvae) (46,1%). Встречаются ассоциации из двух видов: *F. gigantica* + *Sch. turkestanicum* (53,8%).

Гельминтоценоз венозных сосудов. Представлен одним видом трематод и одним видом нематод (микрофилярий) – *Sch. turkestanicum* + *S. labiatopapillosa* (23,0 %).

Гельминтоценоз брюшной полости. Как правило, состоит из двух видов: цестоды *T. hydatigena* и нематоды *S. labiatopapillosa*.

В целом, зараженность овец комплексом гельминтов довольно высокая. Интенсивность инвазии колебалась от единиц до тысяч экземпляров.

По характеру распространения отдельных видов и групп гельминтов у овец Хорезмского оазиса в качестве основных возбудителей гельминтозов животных считаем следующие виды гельминтов: трематоды *F. gigantica*, *G. crumenifer*, *Sch. turkestanicum*, цестоды *M. expansa*, *M. benedeni*, *Th. giardi*, *T. hydatigena*, *E.*

granulosus, *M. multiceps*, нематоды *P. skrjabini*, *S. labiatopapillosa*, *T. ovis*, *M. marschalli*. Все это требует систематического мониторинга гельминтозов овец и проведения комплексных профилактических мероприятий.

Заключение

Качественное и количественное распределение фауны гельминтов у овец Хорезмского оазиса весьма неравномерно. Наибольшим видовым разнообразием характеризуются нематоды – 13 видов, несколько меньше видов цестод – 6. Трематоды представлены 3 видами.

Видовое разнообразие гельминтов заметно обеднено по сравнению с другими зонами Узбекистана вследствие природно-экологических условий.

Доминирующими видами являются все 3 вида трематод, 6 видов цестод и 5 видов нематод. Они встречаются в виде различных ассоциаций, что необходимо учитывать при проведении оздоровительных мероприятий.

Список источников

1. Азимов Д. А. Гельминты овец юга Узбекистана и динамика главнейших гельминтозов: автореф. дис... канд. вет. наук. М., 1963. 20 с.
2. Азимов Д. А., Дадаев С. Д., Акрамова Ф. Д., Сапаров К. А. Гельминты жвачных животных Узбекистана. Ташкент: Фан, 2015. 223 с.
3. Азимов Д. А., Акрамова Ф. Д., Шакарбоев Э. Б., Норкобилов Б. Т., Шакарбаев У. А., Сайиткулов Б. С. Шистосомоз животных. Ташкент: Фан, 2019. 320 с.
4. Дадаев С. Д. Эколого-географические особенности гельминтов домашних копытных животных юга Узбекистана: автореф. дис... канд. биол. наук. М., 1978. 24 с.
5. Дадаев С. Д. Гельминты позвоночных подотряда Ruminantia Scopoli, 1777 фауны Узбекистана: автореф. дис... д-ра биол. наук. Ташкент, 1997. 45 с.
6. Ивашкин В. М., Орипов А. О., Сонин М. Д. Определитель гельминтов мелкого рогатого скота. М., 1989. 256 с.
7. Иргашев И. Х. Гельминты и гельминтозы каракульских овец. Ташкент: Фан, 1973. 284 с.
8. Матчанов Н. М., Дадаев С. Д., Кабилов Т. К., Сиддиқов Б. Х. Гельминты животных пустынных биотопов Узбекистана. Ташкент, 1989. 104 с.
9. Султанов М. А., Сарымсаков Ф. С., Муминов П. А., Давлатов Н. и др. Паразиты животных и человека низовьев Амударьи. Ташкент: Фан, 1969. 208 с.
10. Султанов М. А., Азимов Д. А., Гехтин В. И., Муминов П. А. Гельминты домашних млекопитающих Узбекистана. Ташкент: Фан, 1975. 188 с.
11. Anderson R. C. Nematoda parasites of Vertebrates. Their development and transmission. New York: CAB International, 2000; 650.

Статья поступила в редакцию 07.01.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Акбаров Аброр Акмалович, Государственный комитет ветеринарии и развития животноводства (100123, г. Ташкент, ул. Кичик халка йули, 21а), Узбекистан, qabulxona2@vetgov.uz

Акрамова Фируза Джалалидиновна, Институт Зоологии АН РУз (100053, г. Ташкент, ул. Багишамол, 2326), Узбекистан, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-7662-3605, f.akramova-1976@mail.ru

Шакарбаев Улугбек Абдулакимович, Институт Зоологии АН РУз (100053, г. Ташкент, ул. Багишамол, 2326), Узбекистан, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-1475-2583, ushakarbaev@gmail.com

Азимов Джалалиддин Азимович, Институт Зоологии АН РУз (100053, г. Ташкент, ул. Багишамол, 2326), Узбекистан, доктор биологических наук, академик АН РУз, ORCID ID: 0000-0002-2674-9242, zoology@academy.uz

Вклад соавторов:

Акбаров Аброр Акмалович – сбор материала и обработка, определение видов цестод.

Акрамова Фируза Джалалидиновна – определение видов трематод и некоторых видов нематод.

Шакарбаев Улугбек Абдулакимович – определение видов нематод.

Азимов Джалалиддин Азимович – таксономический состав и обобщение материалов рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Azimov D. A. Helminths of sheep in the south of Uzbekistan and the dynamics of the main helminth infections: autoref. dis. ... Cand. Vet. Sci. M., 1963; 20. (In Russ.)
2. Azimov D. A., Dadaev S. D., Akramova F. J., Saparov K. A. Helminths of ruminants in Uzbekistan. Tashkent: Fan, 2015; 223.
3. Azimov D. A., Akramova F. J., Shakarboev E. B., Norkobilov B. T., Shakarbayer U. A., Sayitkulov B. S. Schistosomosis of animals. Tashkent: Fan, 2019; 320
4. Dadaev S. D. Ecological and geographical characteristics of helminths in domesticated ungulates in the south of Uzbekistan: autoref. dis. ... Cand. Biol. Sci. M., 1978; 24. (In Russ.)
5. Dadaev S. D. Helminths of vertebrates of the suborder Ruminantia Scopoli, 1777 of the fauna in Uzbekistan: autoref. dis. ... Doct. Biol. Sci. Tashkent, 1997; 45.
6. Ivashkin V. M., Oripov A. O., Sonin M. D. Identification guide of helminths in small cattle. M., 1989; 256. (In Russ.)
7. Irgashev I. Kh. Helminths and helminth infections of Karakul sheep. Tashkent: Fan, 1973; 284. (In Russ.)
8. Matchanov N. M., Dadaev S. D., Kabilov T. K., Siddikov B. Kh. Helminths of animals of desert biocenoses in Uzbekistan. Tashkent, 1989; 104. (In Russ.)
9. Sultanov M. A., Sarymsakov F. S., Muminov P. A., Davlatov N. et al. Animal and human parasites of the lower Amudarya. Tashkent: Fan, 1969; 208. (In Russ.)
10. Sultanov M. A., Azimov D. A., Gekhtin V. I., Muminov P. A. Helminths of domesticated mammals in Uzbekistan. Tashkent: Fan, 1975; 188. (In Russ.)
11. Anderson R. C. Nematoda parasites of Vertebrates. Their development and transmission. New York: CAB International, 2000; 650.

The article was submitted 07.01.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Akbarov Abror A., State Committee for Veterinary Medicine and Livestock Development (21a, Kichik Khalka Yuli st., Tashkent, 100123), Uzbekistan, qabulxona2@vetgov.uz

Akramova Firuza J., Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (232b, Bagishamol st., Tashkent, 100053), Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0002-7662-3605, f.akramova-1976@mail.ru

Shakarbayev Ulugbek A., Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (232b, Bagishamol st., Tashkent, 100053), Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0002-1475-2583, ushakarbaev@gmail.com

Azimov Djalaliddin A., Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (232b, Bagishamol st., Tashkent, 100053), Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, ORCID ID: 0000-0002-2674-9242, zoology@academy.uz

Contribution of co-authors:

Akbarov Abror A. – material collection and processing, identification of cestode species.

Akramova Firuza J. – identification of trematode species and some nematode species.

Shakarbayev Ulugbek A. – identification of nematode species.

Azimov Djalaliddin A. – taxonomic composition and generalization of the manuscript materials.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 576.895.771

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-19-27>

Видовой состав и экология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Якутии

Александр Дмитриевич Решетников¹, Анастасия Ивановна Барашкова²

^{1,2} ФИЦ ЯНЦ СО РАН Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова, г. Якутск, Россия

¹ adreshetnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9817-4329>

² aibarashkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1815-4951>

Аннотация

Цель исследований – изучение видового состава и экологии комаров Якутии.

Материалы и методы. Исследования выполнены в 2005–2021 гг. на пастбищах табунных лошадей и крупного рогатого скота Центральной, Западной и Южной Якутии. Фаунистические сборы и учёты численности имаго кровососущих комаров проводили на животных с помощью энтомологического сачка со съёмными мешочками, при этом средний индекс обилия (ИО) комаров рассчитывали на 10 взмахов сачком восьмеркой «вокруг себя» из 10 повторностей при изучении сезонной динамики численности и из 5 повторностей – при изучении суточного ритма активности.

Результаты и обсуждение. В Якутии обнаружено 15 видов кровососущих комаров семейства Culicidae, относящихся к трем родам: Anopheles, Culiseta, Aedes. Населенность биотопов личинками комаров рода Aedes составляет 74–126 экз./м². Первые комары около приманочного животного отмечали в первой декаде мая. Период массового лёта наблюдали с третьей декады июня до середины второй декады июля. Общая продолжительность лёта комаров за сезон составила 121–124 сут. Лёт кровососущих комаров на лесном пастбище с третьей декады июня до середины второй декады июля продолжается круглосуточно.

Ключевые слова: комары, Anopheles, Culiseta, Aedes (Ochlerotatus), фаунистический сбор, численность, видовой состав, экология, Якутия

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания FWRS-2021-0007.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Решетников А. Д., Барашкова А. И. Видовой состав и экология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Якутии // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 19–27.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-19-27>

© Решетников А. Д., Барашкова 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

Species composition and ecology of blood-sucking mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Yakutia

Alexander D. Reshetnikov¹, Anastasia I. Barashkova²

^{1,2}Federal Research Center, Yakut Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (FRC YaSC SB RAS), M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, Yakutsk, Russia

¹adreshetnikov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9817-4329>

²aibarashkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1815-4951>

Abstract

The purpose of the research is to study the species composition and ecology of mosquitoes in Yakutia.

Materials and methods. The research was performed for herd horses and cattle on pastures in Central, Western and Southern Yakutia in 2005–2021. Faunistic collections were made and the number of blood-sucking mosquito imago was recorded for animals using an entomological net with removable bags, while the average abundance rate of mosquitoes was calculated per 10 net movements in a figure-eight pattern around from 10 repetitions when studying the seasonal abundance dynamics and from 5 repetitions when studying the circadian activity rhythm.

Results and discussion. In Yakutia, 15 species of blood-sucking mosquitoes of the family Culicidae were found that belong to three genera: Anopheles, Culiseta, and Aedes. Biotopes occupied by mosquito larvae of the genus Aedes include 74–126 specimens/m². The first mosquitoes were recorded near an animal bait in the first decade of May. The mass mosquito flight period was observed from the third decade of June to the middle of the second decade of July. The total mosquito flight period for the season was 121–124 days. The flight of blood-sucking mosquitoes on the forest pasture continues around the clock, from the third decade of June to the middle of the second decade of July.

Keywords: mosquitoes, Anopheles, Culiseta, Aedes (Ochlerotatus), faunistic collection, abundance, species composition, ecology, Yakutia

Acknowledgements. The study was performed within State Task No. FWRS-2021-0007.

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

There is no conflict of interests.

For citation: Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. Species composition and ecology of blood-sucking mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Yakutia. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17(1):19–27. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-19-27>

© Reshetnikov A. D., Barashkova A. I., 2023

Введение

Климат Якутии в зимний период очень суровый; температура колеблется в пределах 98–104 °С. В летний период климат очень благоприятный, средняя температура в июле составляет 19 °С с абсолютным максимумом 38 °С и выше. Летом почвы оттаивают на глубину 1,0–1,5 м. Большая часть территории республики расположена в зоне средней тайги. В долинах рек и на аласах распространены луга [8]. Температура воздуха за период, когда она выше 10 °С, характеризует термические ресурсы теплового времени года. В Центральной и

Западной зонах Якутии сумма эффективных температур составляет 1400–1600 °С, а на Северо-Восточной – 300–1200 °С, при котором начинается активная вегетация большинства растений и развитие насекомых [6].

Якутия является одним из засушливых регионов России. Геокриологические условия характеризуются сплошным распространением многолетнемерзлых пород с большим содержанием льда. В обеспеченности водными ресурсами большую роль играют наледи, подземные льды и воды, скованные вечной мерзлотой. Существенные изменения климата в

последние годы привели к заметному увеличению водности водохранилищ [5].

Обилие биотопов кровососущих насекомых и наличие крупных животных-прокормителей создают оптимальные условия для развития кровососущих насекомых [11, 13].

А. А. Штакельберг отмечал, что комары являются существенным элементом «гноса», обозначая этим термином всю совокупность кровососущих крылатых насекомых, определяя их как наружных паразитов и хозяев паразитов, являющихся возбудителями различных паразитарных болезней, в числе которых малярийные плазмодии, личинки гельминтов, спирохеты и возбудители многих инфекционных болезней. Обыкновенный малярийный комар *Anopheles maculipennis* в Сибири известен на востоке до Якутска и Благовещенска на Амуре [14].

Т. А. Колпакова в 1933 г. исследовала распространение малярии в Якутии. При этом проводила исследования селезенки методом Grassi и мазков крови от больных. В Вилюйском округе среди обследованных подворно 1719 человек, больных малярией, с плазмодиями в крови было обнаружено 13, с увеличенными селезенками 72. По пути следования по маршруту Якутск, Сунтар, Нюрба, Вилюйск с 24 июня 1925 по 1 августа 1926 г. были собраны комары, идентифицированные как *An. maculipennis* [4].

В последнее время возрастает роль двукрылых насекомых как векторов передачи опасных филяриозов человека и животных. В Якутии в 2006–2010 г. у собак и песцов были обнаружены *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) и *D. repens* (Railliet et Henry, 1891) [3].

По данным Н. К. Потаповой, фауна кровососущих комаров среднетаёжной подзоны Якутии насчитывает 33 вида и включает представителей родов *Anopheles* (1), *Culiseta* (3), *Culex* (3), *Aedes* (26). Впервые для Якутии указаны 3 вида – *Ae. implicatus*, *Ae. intermedius*, *Culex vagans* [9].

11 видов комаров обнаружено в бассейне реки Яна. Наиболее массовым видом оказался *Ae. hexodontus*. Период наибольшей численности комаров приходится на I и II декады июля. Оптимальной для лёта комаров можно считать температуру в пределах 18–23 °C [7].

В провинции Лорестан Западного Ирана при идентификации отловленных с помощью

световой ловушки комаров 6 видов относились к роду *Culex*, а 8 – к *Anopheles*. Среди всех пойманных комаров (4211), 94,68% были от комаров рода *Culex* (3987), что указывает на то, что этот род является доминирующим. Из общего улова 94,68% комаров принадлежали к роду *Anopheles* [18].

В сезонно засушливых тропических лесах Бразилии был исследован видовой состав комаров. Для сбора комаров применяли ловушки Шеннона. Всего было отловлено 1261 экз. комаров, относящихся к 20 видам подсемейств *Anophelinae* и *Culicinae*. Последнее подсемейство было наиболее представительным (99,3%) [21].

При исследовании фауны комаров в птичьем заповеднике района Тонлесап в Камбодже было собрано 8224 экз. комаров 6 родов и 25 видов. Двумя наиболее распространенными родами были *Anopheles* (8 видов) и *Culex* (11 видов), а доминирующим видом – *Cx. vishnui* (58,8%). В сезон дождей было поймано в 1,6 раза больше комаров, а число видов увеличилось вдвое. Было собрано 6 важных с медицинской точки зрения видов, которые, как известно, кусают как диких птиц, так и людей: *An. barbirostris*, *An. campestris*, *Cx. bitaeniorhynchus*, *Cx. vishnui*, *Ma. indiana* и *Ma. uniformis* [20].

В мексиканском штате Идальго было собрано и изучено 3225 экз. комаров. Зарегистрированы два подсемейства *Culicidae*, *Anophelinae* и *Culicinae*, 8 трибов, 12 родов, 24 подрода и 56 видов, из них 4 триба, 7 родов, 13 подродов и 26 видов являются новыми для фауны комаров Идальго [19].

На Карибских островах Пуэрто-Рико и Вьекес (США) в 2018–2019 гг. комаров собирали при помощи световых ловушек CDC с наживкой. Были собраны комары 9 родов, 12 подродов и 31 вида, из которых один вид из рода *Aedes* (*Ochlerotatus*) впервые [23].

Ae. albopictus и *Ae. aegypti* могут передавать несколько арбовирусов, вызывающих серьезные заболевания у человека. Инфицирование арбовирусом обоих комаров не вызывает у них патологии, что указывает на то, что оба вида комаров выработали механизмы, позволяющие переносить инфекцию и ограничивать репликацию вируса до непатогенных уровней [22].

Флавивирусы – это патогены, переносимые комарами, которые по-прежнему представ-

ляют значительный риск для здоровья людей и животных. В эту группу входят вирус денге (DENV), вирус желтой лихорадки (YFV), вирус японского энцефалита (JEV), вирус Западного Нила (WNV) и вирус Зика (ZIKV). Серотипы DENV были обнаружены в 58,54% (24/41) пулов комаров *Aedes* из Муби, Нуман и Йола, подвергшихся скринингу. Все серотипы DENV1-4 были обнаружены у *Ae. aegypti* [17].

В г. Кебри Дехар в Эфиопском региональном государстве Сомали личинок комаров собирали из водоемов, выращивали в лаборатории до взрослой стадии и идентифицировали морфологически. Были выполнены ПЦР и секвенирование локусов цитохромоксидазы 1 (COI) и внутреннего транскрибируемого спейсера 2 (ITS2). По результатам молекулярных и морфологических исследований комары идентифицированы как *An. stephensi* [16].

До начала реализации программ борьбы с малярией в Иране около 60% людей жили в эндемичных районах, где уровень заболеваемости составлял от 30 до 40%. В 22 деревнях идентифицированы комары видов *An. stephensi*, *An. d'thali*, *An. apoci*, *An. superpictus* (формы A и B), *An. marterii sogdianus*, *An. turkhodi*, *An. maculipennis SL* и *An. claviger*. Берега рек и рисовые поля – наиболее важные места размножения переносчиков малярии в уезде Алигударз [15].

Цель исследований – изучение видового состава и особенностей экологии комаров Якутии.

Материалы и методы

Исследования выполнены в 2005–2021 гг. на пастбищах табунных лошадей, крупного рогатого скота и домашних северных оленей Якутии. Камеральную обработку собранного материала проводили в Якутском научно-исследовательском институте сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова.

Фаунистические сборы и учёты численности нападающих двукрылых кровососущих насекомых проводили в часы наибольшей активности комаров в течение всего летнего сезона два раза в декаду и дважды за сезон в течение суток через каждые два часа.

Для учета численности имаго кровососущих комаров использовали энтомологический сачок со съёмными мешочками, при этом средний индекс обилия (ИО) комаров рассчитыва-

ли на 10 взмахов сачком («восьмеркой») из 10 повторностей при изучении сезонной динамики численности и из 5 повторностей – при изучении суточного ритма активности [10, 15].

При определении степени обилия комаров использовали классификацию Ф. А. Скрипченко [12], согласно которой к доминирующим относятся виды, имеющие индекс доминирования (ИД) более 15%, к субдоминирующим – 5–15%, малочисленным – 1–5% и редким видам – менее 1% [2].

Определение видовой принадлежности комаров проводили по определительным таблицам [1].

Ежедневно в течение всего периода лёта насекомых три раза в день (в 7, 13 и 19 ч) регистрировали метеорологические данные. Температуру и влажность воздуха измеряли аспирационным психрометром, скорость ветра – анемометром АСО-3, атмосферное давление – барометром-анероидом, освещённость – люксметром Ю-116, облачность – визуально по 10-балльной шкале, количество осадков – дождемером. Кроме того, использовали метеоданные погодной станции Meteo link IQ557.

При изучении фауны и экологии комаров собрано 75120 экз. комаров, из них определено 1399. Правильность определения видового состава комаров подтверждена канд. биол. наук Н. К. Потаповой (ИБПК СО РАН, г. Якутск),

Результаты и обсуждение

В Якутии нами обнаружены 15 видов кровососущих комаров семейства Culicidae, относящихся к трем родам (*Anopheles*, *Culiseta*, *Aedes* (*Ochlerotatus*)). По природно-климатическим зонам Якутии в 2005–2021 гг. к списку видов южной зоны, приведенных ранее Н. К. Потаповой [4], нами дополнительно обнаружен *Ae. cantans*, а к перечню видов, обнаруженных Л. А. Пителиной [3], нами дополнительно обнаружены *Ae. cantans* и *Ae. cyprius*.

По нашим данным, видовой состав кровососущих комаров агроценозов Центральной Якутии представлен 14 видами, Западной и Южной – по 15: *An. messeae*, *C. bergrothi*, *Ae. dorsalis*, *Ae. cantans*, *Ae. mercurator*, *Ae. excrucians*, *Ae. euedes*, *Ae. flavescens*, *Ae. cyprius*, *Ae. communis*, *Ae. punctor*, *Ae. hexodontus*, *Ae. diantaeus*, *Ae. pullatus*, *Ae. cataphylla*. В Западной и Южной зонах к 14 видам дополнительно обнаружен *Ae. cantans* (табл.).

Таблица [Table]

Видовой состав и распространение комаров по природно-климатическим зонам Якутии в 2005–2021 гг.
[Species composition and distribution of mosquitoes on the natural and climatic zones of Yakutia in 2005–2021]

№ п/п	Вид комаров [Mosquito species]	Природно-климатические зоны Якутии [Natural and climatic zones of Yakutia]		
		центральная [central]	западная [western]	южная [southern]
1	<i>Anopheles messeae</i> Fall.	x +++	x +++	x +
2	<i>Culiseta bergrothi</i> Edw.	x +	x ++	x +++
3	<i>Ae. dorsalis</i> Mg.	x ++++	x ++++	x ++++
4	<i>Ae. cantans</i> Mg.		x	++
5	<i>Ae. mercurator</i> Dyar.	x +++	x ++	x ++
6	<i>Ae. excrucians</i> Walk.	x +++	x +++	x +++
7	<i>Ae. euedes</i> H.D K.	x +++	x +++	x +++
8	<i>Ae. flavescens</i> Müll.	x ++	x ++	x +
9	<i>Ae. cyprius</i> Ludl.	x +++	x ++	x +
10	<i>Ae. communis</i> Deg.	x +++	x +++	x +++
11	<i>Ae. punctor</i> Kirby	x +++	x ++	x ++
12	<i>Ae. hexodontus</i> Dyar.	x +	x +	x +
13	<i>Ae. diania</i> H.D.K.	x ++	x ++	x +++
14	<i>Ae. pullatus</i> Coq.	x ++	x ++	x +++
15	<i>Ae. cataphylla</i> Dyar.	x ++	x ++	x +
Итого		14	15	15

Примечание [Note]:

++++ – доминирующие [dominant], +++ – субдоминирующие [subdominant], ++ – малочисленные [few], + – редкие виды [rare species], x – литературные данные [literature data].

В 2007 г. в агроценозах Центральной Якутии нами были выделены три типа биотопов комаров: лесные пастбища, суходольные пастбища и прифермские территории летников для крупного рогатого скота. Температура воды на лесных пастбищах в третьей декаде мая составляла 6–9 °С. Лесные водоёмы были населены личинками комаров ранневесенних видов рода *Aedes* с плотностью 74–126 экз./м². Суходольные пастбища были представлены аласами с термокарстовым озером. Температура воды в них в первой декаде июня составляет 5–10 °С, озёра освобождаются от льда. Со второй декады июня температура поверхности воды поднималась до 15–17 °С. Прибрежные воды озёр были населены личинками поздневесенних и летних видов родов *Aedes* и *Culiseta* с плотностью 7–18 экз./м². Температура воды множества небольших неглубоких водоёмов искусственного происхождения прифермских территорий составляла 20–25 °С. Водоёмы были населены личинками до 5 ранневесенних видов рода *Aedes* с плотностью 42–67 экз./м².

Сезонную и суточную численность комаров Центральной Якутии изучали в 2005, 2007, 2015–2021 гг. В Центральной Якутии комаров около приманочного животного отмечали с первой декады мая по первую-вторую декаду сентября. Период массового лёта наблюдали с третьей декады июня до середины второй декады июля. Общая продолжительность лёта комаров за сезон составила 121–124 сут. Лёт кровососущих комаров на лесном пастбище в третьей декаде июня – середине второй декады июля продолжался круглосуточно.

Под пологом леса суточный ритм активности комаров в июне и июле характеризовался двумя подъемами численности – вечерним с 20–21 до 2 ч ночи и утренним – с 4 до 8 ч. Вечерний подъем численности начинался со спадом дневной жары до 18–20 °С при освещенности 1000–1200 лк. Наибольшая численность (409 особей на учёт) отмечена с 23 ч до 2 ч ночи при постепенном снижении численности (105 особей на учёт). Утренний подъем численности комаров начинался с 4 ч и достигал максимума в 5–6 ч (628 особей

на учет) при температуре 12,9 °C и освещенности 19000–21000 лк. Активность комаров снижалась в дневное и ночное время. Повышение активности комаров в утренние и вечерние часы объяснялось оптимальными для нападения освещенностью, температурой и влажностью.

Нижний температурный порог лёта комаров, по нашим наблюдениям, составил 6 °C, оптимальный – 12,9–21 °C, а при повышении температуры выше 25 °C наблюдали угнетение их активности. Наибольшая активность комаров установлена в тихую погоду. При скорости ветра, превышающей 2–3 м/с, численность комаров снижалась. Сильные ветры со скоростью 4–6 м/с приводили к почти полному исчезновению насекомых. Наибольшая активность комаров проявлялась при относительной влажности воздуха 45–92%. Освещенность 1000–21000 лк была оптимальной для активного нападения комаров. В пасмурную теплую погоду комары наибольшую активность проявляли в дневные часы. Пониженная активность отмечена в ночные и дневные часы. Оптимальные значения относительной влажности воздуха находились в пределах 45–92%.

Сезонную и суточную численность комаров Западной Якутии исследовали в 2009–2011 гг. В Западной Якутии сезонную динамику численности комаров изучали на лесном пастбище крупного рогатого скота и табунных лошадей. Лёт и нападение комаров на сельскохозяйственных животных начиналось с первой декады мая до первой-второй декады сентября. Период массового лёта наблюдали с третьей декады июня до середины второй декады июля. Общая продолжительность лёта комаров за сезон составила 120–126 сут. Лёт комаров в третьей декаде июня – середине второй декады июля продолжался круглосуточно и характеризовался двумя подъемами численности – вечерним с 20–21 до 2 ч ночи и утренним – с 4 до 8 ч. Вечерний пик численности отмечали с 23 до 2 ч ночи при постепенном снижении численности, утренний – с 4 ч и достигал максимума в 5–6 ч. Утренний пик численности превышал вечерний. Активность комаров снижалась в дневное и ночное время.

Кровососущие комары широко распространены на территории Якутии и являются

переносчиками опасных инвазий и инфекций человеку и животным. Из литературных источников известно о встречаемости малярийного комара *An. maculipennis* и малярии среди населения Якутии в 30-е годы XX века. Комаров рода *Anopheles* постоянно выявляют и в современных энтомологических сборах. На территории Якутии зарегистрированы *D. immitis* (Leidy, 1856) и *D. repens* (Railliet et Henry, 1891) [23].

Заключение

В Якутии нами обнаружены 15 видов кровососущих комаров семейства Culicidae, относящихся к трем родам (*Anopheles*, *Culiseta*, *Aedes* (*Ochlerotatus*)). По природно-климатическим зонам Якутии в 2005–2021 гг. к списку видов южной зоны, приведенных ранее Н. К. Потаповой [6], нами дополнительно обнаружены *Ae. cantans*, а к перечню видов, обнаруженных Л. А. Пителиной [7], – *Ae. cantans* и *Ae. cyprius*.

В Центральной Якутии встречаются 14 видов комаров, в Западной и Южной зонах – по 15. Из 13 видов рода *Aedes*, встречающихся в Центральной, Западной и Южной Якутии, доминирующими являются *Ae. dorsalis*, *Ae. excrucians*, *Ae. euedes*, *Ae. communis*.

В Центральной, Западной и Южной зонах Республики Саха (Якутия) комаров около приманочного животного отмечают с первой декады мая по первую-вторую декаду сентября. Период массового лёта наблюдают с третьей декады июня до середины второй декады июля. Общая продолжительность лёта комаров составляет 118–126 сут. Лёт кровососущих комаров на лесном пастбище с третьей декады июня до середины второй декады июля продолжается круглосуточно.

Установлено, что на активность комаров, нападающих на человека и животных, влияют такие метеорологические факторы, как температура, влажность, скорость ветра, облачность. При благоприятных условиях увеличивается число доминантных видов комаров рода *Aedes*, что может способствовать увеличению числа зараженных диروفилариями собак. Видовой состав и численность комаров в Центральной, Западной и Южной зонах региона отличаются незначительно. В Центральной Якутии отсутствует вид *Ae. cantans*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гуцевич А. В., Мончадский А. С., Штакельберг А. А. Комары (Семейство Culicidae): Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Л.: Наука, 1970. Т. 3. Вып. 4. 384 с.
2. Детинова Т. С., Расницын С. П., Маркович Н. Я. и др. К вопросу о биологии комаров р. *Aedes* // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1978. № 5. С. 84-92.
3. Колесов, Г. Г., Решетников А. Д., Слепцов Е. С., Барашкова А. И. Дирофиляриоз плотоядных животных в Якутии, способ выделения из крови микрофилярий // Российский паразитологический журнал. 2013. № 3. С. 87-91.
4. Колтакова Т. А. Эпидемиологическое обследование Вилюйского округа ЯАССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1933. Вып. 12. 292 с.
5. Лоскин М. И. Повышение водообеспеченности сельскохозяйственных объектов на основе превентивных мероприятий, обеспечивающих устойчивость низконапорных грунтовых плотин Центральной Якутии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 24 с.
6. Матвеев И. А., Николаев М. Е., Сивцев Т. Д. и др. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. М.: ГУГК СССР, 1989. 115 с.
7. Пителина Л. А. К изучению фауны комаров (Diptera, Culicidae) бассейна реки Яны // Вредные насекомые и гельминты Якутии. Якутск, 1971. С. 67-72.
8. Поисеев И. И. Устойчивое развитие Севера: эколого-экономический аспект. Новосибирск: Наука, 1999. 280 с.
9. Потапова Н. К. Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) среднетаёжной подзоны Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1992. 24 с.
10. Расницын С. П., Косовских В. Л. Усовершенствованный метод учета обилия комаров сачком вокруг человека и сравнение его с учетом темным колоколом // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1979. № 1. С. 18-24.
11. Решетников А. Д., Барашкова А. И. Экология кровососущих комаров – промежуточных хозяев возбудителей паразитарных болезней животных в Центральной Якутии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2015. № 4 (41). С. 153-157.
12. Скрипченко Ф. А. Современное состояние фауны и экологии кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) центра средней полосы Европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2000. 21 с.
13. Хлызова Т. А. Численность комплекса «гнус» и соотношение различных его компонентов в лесостепной зоне Тюменской области // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 1. С. 62-70. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-1-62-70>
14. Штакельберг А. А. Сем. Culicidae. Кровососущие комары (подсем. Culicinae): Фауна СССР. Насекомые двукрылые. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. Т. 3. Вып. 4. 258 с.
15. Amani H., Yaghoobi-Ershadi M. R., Kassiri H. The ecology and larval habitats characteristics of Anophelinae mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Aligudarz County (Luristan province, western Iran). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2014; 4: (Supplement 1): S233-S241. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C186>
16. Carter T. E., Yared S., Gebresilassie A. et al. First detection of *Anopheles stephensi* Liston, 1901 (Diptera: Culicidae) in Ethiopia using molecular and morphological approaches. *Acta Tropica*. 2018; 188: 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.09.001>
17. Isa I., Ndams I. Sh., Aminu M. et al. Genetic diversity of Dengue virus serotypes circulating among *Aedes* mosquitoes in selected regions of northeastern Nigeria. *One Health*. 2021; 13: 100348. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100348>
18. Kayedi M. H., Sepahvand F., Mostafavi E. et al. Morphological and molecular identification of Culicidae mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Lorestan province, Western Iran. *Heliyon*. 2020; 6 (8): 04480. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E04480>
19. Ortega-Morales A., Zavortink T., Huerta-Jiménez H. et al. The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Hidalgo state, Mexico. *Acta Tropica*. 2019; 189: 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.07.003>
20. Pierre-Olivier Maquart, Sokha Chea, Boyer Sébastien. Mosquito diversity (Diptera: Culicidae) and medical importance, in a bird sanctuary inside the flooded forest of Prek Toal, Cambodia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2021; 24 (4): 1221-1227. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.08.001>
21. Renato César de Melo Freire, Taciano de Moura Barbosa, Jéssica Teixeira Jales, Maria de Fátima Freire de Melo Ximenes, Roseli La Corte, Renata Antonaci Gama. Ecological aspects of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a fragment of seasonal dry tropical forest (Caatinga) in Brazil. *Journal of Arid Environments*. 2021; 190: 104528. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104528>

22. Qiao J., Liu Q. Interplay between autophagy and Sindbis virus in cells derived from key arbovirus vectors, *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* mosquitoes. *Cellular Signalling*. 2022; 90: 110204. <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2021.110204>
23. Yee D. A., Reyes-Torres L. J., Dean C. et al. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) on the islands of Puerto Rico and Vieques, U.S.A. *Acta Tropica*. 2021; 220: 105959. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105959>

Статья поступила в редакцию 17.01.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Решетников Александр Дмитриевич, ФИЦ ЯНЦ СО РАН Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова (677001, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23), г. Якутск, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-6473-0588, adreshetnikov@mail.ru

Барашкова Анастасия Ивановна, ФИЦ ЯНЦ СО РАН Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова (677001, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23), г. Якутск, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-1815-4951, aibarashkova@mail.ru

Вклад соавторов:

Решетников Александр Дмитриевич – обзор и проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Барашкова Анастасия Ивановна – анализ и интерпретация полученных данных, критический анализ материала, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Gutsevich A. V., Monchadsky A. S., Shtakelberg A. A. Mosquitoes (Family Culicidae): Fauna of the USSR. *Dipterans*. L.: Nauka, 1970; 3 (4): 384. (In Russ.)
- Detinova T. S., Rasnitsyn S. P., Markovich N. Ya. et al. On the biology of the genus *Aedes* mosquitoes. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 1978; 5: 84-92. (In Russ.)
- Kolesov G. G., Reshetnikov A. D., Sleptsov E. S., Barashkova A. I. Dirofilariosis of carnivorous in Yakutia, the method of isolation filarial larvae from the blood of dogs. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2013; 3: 87-91. (In Russ.)
- Kolpakova T. A. Epidemiological survey of the Vilyui district of the YaSSR. L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1933; 12: 292. (In Russ.)
- Loskin M. I. Increasing the water supply of agricultural facilities based on preventive measures that ensure the stability of low-pressure embankment dams in Central Yakutia: autoref. dis. ... Cand. Sc. Tech. M., 2019; 24. (In Russ.)
- Matveev I. A., Nikolaev M. E., Sivtsev T. D. et al. Atlas of agriculture of the Yakut ASSR. M.: Main Directorate of Geodesy and Cartography of the USSR, 1989; 115. (In Russ.)
- Pitelina L.A. On the study of the mosquito (Diptera, Culicidae) fauna in the Yana River basin. Harmful insects and helminths in Yakutia. Yakutsk, 1971; 67-72. (In Russ.)
- Poiseev I. I. Sustainable Development of the North: ecological and economic aspect. Novosibirsk: Nauka, 1999; 280. (In Russ.)
- Potapova N. K. Blood-sucking mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the middle taiga subzone of Yakutia: autoref. dis. ... Cand. Sc. Biol. Novosibirsk, 1992; 24. (In Russ.)
- Rasnitsyn S. P., Kosovskikh V. L. An improved method to record the mosquito abundance with a net around a person and to compare it with a dark cloth bell. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 1979;1: 18-24. (In Russ.)
- Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. Ecology of blood-sucking mosquitoes that are intermediate hosts for pathogens of parasitic animal diseases in Central Yakutia. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii imeni V. R. Filippova = Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*. 2015; 4 (41): 153-157. (In Russ.)
- Skipchenko F. A. The current state of the fauna and ecology of blood-sucking mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the center of the middle belt of the European Russia: autoref. dis. ... Cand. Sc. Biol. M., 2000; 21. (In Russ.)

13. Khlyzova T. A. The number of insects of midges complex and ratio of its various components in the forest-steppe zone of the Tyumen Region. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (1): 62–70. (In Russ.) doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-1-62-70
14. Shtakelberg A. A. Family Culicidae. Blood-sucking mosquitoes (subfamily Culicinae): Fauna of the USSR. Dipterans. M.-L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1937; 3 (4): 258. (In Russ.)
15. Amani H., Yaghoobi-Ershadi M. R., Kassiri H. The ecology and larval habitats characteristics of Anophelinae mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Aligudarz County (Luristan province, western Iran). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2014; 4: (Supplement 1): S233-S241. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C186>
16. Carter T. E., Yared S., Gebresilassie A. et al. First detection of *Anopheles stephensi* Liston, 1901 (Diptera: Culicidae) in Ethiopia using molecular and morphological approaches. *Acta Tropica*. 2018; 188: 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.09.001>
17. Isa I., Ndams I. Sh., Aminu M. et al. Genetic diversity of Dengue virus serotypes circulating among *Aedes* mosquitoes in selected regions of northeastern Nigeria. *One Health*. 2021; 13: 100348. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100348>
18. Kayedi M. H., Sepahvand F., Mostafavi E. et al. Morphological and molecular identification of Culicidae mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Lorestan province, Western Iran. *Heliyon*. 2020; 6 (8): 04480. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E04480>
19. Ortega-Morales A., Zavortink T., Huerta-Jiménez H. et al. The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Hidalgo state, Mexico. *Acta Tropica*. 2019; 189: 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.07.003>
20. Pierre-Olivier Maquart, Sokha Chea, Boyer Sébastien. Mosquito diversity (Diptera: Culicidae) and medical importance, in a bird sanctuary inside the flooded forest of Prek Toal, Cambodia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2021; 24 (4): 1221-1227. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.08.001>
21. Renato César de Melo Freire, Taciano de Moura Barbosa, Jéssica Teixeira Jales, Maria de Fátima Freire de Melo Ximenes, Roseli La Corte, Renata Antonaci Gama. Ecological aspects of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a fragment of seasonal dry tropical forest (Caatinga) in Brazil. *Journal of Arid Environments*. 2021; 190: 104528. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104528>
22. Qiao J., Liu Q. Interplay between autophagy and Sindbis virus in cells derived from key arbovirus vectors, *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* mosquitoes. *Cellular Signalling*. 2022; 90: 110204. <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2021.110204>
23. Yee D. A., Reyes-Torres L. J., Dean C. et al. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) on the islands of Puerto Rico and Vieques, U.S.A. *Acta Tropica*. 2021; 220: 105959. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105959>

The article was submitted 17.01.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Reshetnikov Alexander D., FRC YaSC SB RAS, M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23 Bestuzheva-Marlinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677001), Yakutsk, Russian Federation, Dr. Sc. Vet., ORCID ID: 0000-0001-6473-0588, adreshetnikov@mail.ru

Barashkova Anastasia I., FRC YaSC SB RAS, M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23 Bestuzheva-Marlinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677001), Yakutsk, Russian Federation, Dr. Sc. Biol, ORCID ID: 0000-0002-1815-4951, aibarashkova@mail.ru

Contribution of co-authors:

Reshetnikov Alexander D. – review and research, obtained data analysis and interpretation, article preparation.

Barashkova Anastasia I. – obtained data analysis and interpretation, critical analysis of the material, article preparation.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 639.2.09:597.566.331.1

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42>

Фауна трематод рыб в водохранилищах Европейской части России

Наталья Николаевна Романова¹, Нина Александровна Головина²,
Антонина Александровна Вишторская³, Павел Петрович Головин⁴

^{1,3,4} Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства («ВНИИПРХ»). Федеральное агентство по рыболовству (Росрыболовство), Московская область, Россия

² Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет») Федеральное агентство по рыболовству (Росрыболовство), Московская область, Россия

¹ lab.ihtipat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3154-7132>

² kafvba@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3137-5425>

³ vishtorskaya_aa@vniiprh.ru

⁴ golovin_pavel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9362-5610>

Аннотация

Цель исследований: провести эколого-фаунистический анализ трематод у рыб в водохранилищах Европейской части России.

Материалы и методы. Гельминтологические исследования осуществлены в 23-х водохранилищах Европейской части России в период с 2011 по 2021 гг. Анализ проведен у рыб в возрасте от двухлеток до семилеток по общепринятым в иктиопаразитологии методам.

Результаты и обсуждение. У 12 видов рыб, относящихся к семействам Cyprinidae, Percidae, Esocidae и Odontobutidae, выявлено 29 видов трематод из 14 родов, которые на 68,9% представлены метацеркариями. Большинство трематод обладают широкой специфичностью: *Tyloodelphys clavata* выявлен у 9 видов рыб, *Diplostomum spathaceum* и *Parascogenimus ovatus* – у 7, *Aphophallus muehlingi* – у 6 видов. Отмечено расширение круга хозяев для *T. podicipina*. В большинстве водохранилищ выявлен *A. muehlingi*, относящийся к чужеродным видам для Волго-Каспийского бассейна. По частоте встречаемости в водохранилищах трематоды разделяются на фоновые (5 видов), обычные (6), редкие (8) и очень редкие (10). Трематодофауна рыб в водохранилищах включала от 6 до 16 видов. Наибольшее видовое разнообразие установлено в Белгородском (16 видов), Яхромском (13 видов), Угличском и Челнавском (12 видов), Пестовском и Пяловском (11 видов) водохранилищах. У окуня обнаружено 15 видов трематод, у леща и плотвы – 12, у судака – 9, у щуки и красноперки – 8, у ерша и густеры – 6, у берша и карася – 4, у линя – 3 и у ротана – 1 вид. Отмечено формирование очагов трематодозов: постодиплостомоза и иктиококцидиоза. Обнаружены три вида трематод, представляющих реальную и потенциальную опасность для здоровья человека и теплокровных животных – *Pseudoamphistomum truncatum*, *A. muehlingi* и *Rossicotrema donicum*.

Ключевые слова: фауна, трематоды, рыба, водохранилища

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Романова Н. Н., Головина Н. А., Вишторская А. А., Головин П. П. Фауна трематод рыб в водохранилищах Европейской части России // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 28–42.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42>

© Романова Н. Н., Головина Н. А., Вишторская А. А., Головин П. П., 2023



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

Original article

Trematode fauna of fish inhabiting reservoirs of the European part of Russia

Natalia N. Romanova¹, Nina A. Golovina², Antonina A. Vishtorskaya³, Pavel P. Golovin⁴

^{1,3,4} Branch for the freshwater fisheries of the Federal State Budgetary Scientific Institution, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO) of the All-Russian Scientific Research Institute of Freshwater Fisheries ("VNIIPRKh"). Federal Fishery Agency (Rosrybolovstvo), Moscow Region, Russia

² Dmitrov Fisheries Technological Institute (Branch of the Astrakhan State Technical University, FSBEI HE). Federal Fishery Agency (Rosrybolovstvo), Moscow Region, Russia

¹ lab.ihtipat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3154-7132>

² kafvba@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3137-5425>

³ vishtorskaya_aa@vniiprh.ru

⁴ golovin_pavel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9362-5610>

Abstract

The purpose of the research is an ecological and faunal analysis of trematodes in fish inhabiting reservoirs of the European part of Russia.

Materials and methods. Helminthological studies were conducted in 23 reservoirs of the European part of Russia from 2011 to 2021. The fish aged two to seven years were analyzed by methods generally accepted in ichthyoparasitology.

Results and discussion. Twelve fish species from families Cyprinidae, Percidae, Esocidae and Odontobutidae were found to be infected with 29 trematode species from 14 genera which were represented by 68.9% of metacercariae. Most trematodes had a wide specificity: *Tyloodelphys clavata* was found in 9 fish species; *Diplostomum spathaceum* and *Paracoenogonimus ovatus* in 7 species and *Apophallus muehlingi* in 6 species. The expanded host range for *T. podicipina* was observed. *A. muehlingi*, which is an alien species for the Volga-Caspian fisheries basin was identified in most reservoirs. Trematodes by their prevalence in reservoirs are divided into background (5 species), common (6), rare (8) and very rare (10) trematodes. Trematode fauna of fish in reservoirs included 6 to 16 species. The highest species diversity was detected in the Belgorod (16 species), Yakhroma (13 species), Uglich and Chelnav (12 species), Pestovsk and Pyalovsk (11 species) reservoirs. Fifteen trematode species were found in the perch; 12, in the bream and roach; 9, in the pike perch; 8, in the pike and rudd; 6, in the ruff and white bream; 4, in the Volga pikeperch and crucian carp; 3, in the tench; and 1, in the Amur sleeper. The formed foci of trematode infections were observed, namely, postodiplostomosis and ichthyocotylurosis infection. Three trematode species, *Pseudoamphistomum truncatum*, *A. muehlingi* and *Rossicotrema donicum*, were detected that pose a real and potential danger to human health and warm-blooded animals.

Keywords: fauna, trematodes, fish, reservoirs

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

There is no conflict of interests.

For citation: Romanova N. N., Golovina N. A., Vishtorskaya A. A., Golovin P. P. Trematode fauna of fish inhabiting reservoirs of the European part of Russia. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):28–42. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42>

© Romanova N. N., Golovina N. A., Vishtorskaya A. A., Golovin P. P., 2023

Введение

Зарегулирование стока крупных рек Европейской части России – Волги и Дона, а также их притоков, привело к образованию множества водохранилищ. Посредством каналов и водотоков р. Волга оказалась соединена с

р. Дон и морями Белым, Балтийским, Азовским и Черным Каспийским, что открыло пути для проникновения гидробионтов, вместе с которыми распространились и паразиты [5, 23]. Практически все эти водохранилища были построены в середине XX века, и через

30–40 лет в них уже завершилось формирование ихтиофауны, а следовательно, и паразитарных сообществ [8].

Однако, высокая природно-техногенная нагрузка на водоемы, поступление загрязняющих веществ, биогенных элементов через сточные воды от населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий привели к эвтрофированию водоемов, что снизило их рыбохозяйственный и рекреационный потенциал. Произошла частичная перестройка ихтиофауны, что повлияло на паразито-хозяйные отношения.

Паразиты, как компоненты биоценозов, реагируют на изменения окружающей среды, и являются индикаторами экологического состояния водоемов [18, 24, 25]. Показано, что увеличение концентрации биогенных элементов в водоемах приводит к сокращению в фауне паразитов разнообразия видов с прямым жизненным циклом [11]. Процессы эвтрофирования водохранилищ проявляются также в сильном зарастании высшей водной растительностью, где предпочитают обитать первые промежуточные хозяева трематод.

Эколого-фаунистический анализ фауны, особенности биологии, морфологии и распространения трематод приведены в научных работах многих паразитологов. В конце XX и начале XXI вв. установлены видовой состав, пути и закономерности формирования сообщества паразитов рыб в водохранилищах рек Волги и Дона [13, 16, 19, 20, 22].

По литературным данным, в верхней Волге у рыб зарегистрировано 63 вида трематод, в средней Волге – 64, в нижней Волге – 53, в дельте – 79 видов, большая часть на стадии метациркулярий. Наибольшим числом видов характеризуется сем. Diplostomidae (22 вида). В р. Волгу с рыбами-акклиматизантами занесены трематоды *Amurotrema dombrovskajae*, *Sanguinicola skrjabini*, *Nicolla skrjabini*, *Plagioporus skrjabini*, *A. muehlingi*, *R. donicuni* [13]. Сообщается, что к настоящему моменту в бассейне р. Волги зарегистрированы 47 чужеродных видов паразитов, из которых 7 видов трематод [6].

В ряде водохранилищ эпизоотически значимые виды трематод привели к формированию природных очагов трематодозов [17]. Расширяются ареалы потенциально опасных для человека и теплокровных животных гельминтов, передающихся через рыбу [2, 4, 9, 12, 15].

В изменяющихся условиях гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов таких водных объектов, как водохранилища, становится актуальным проведение систематических паразитологических исследований, позволяющих уточнить видовой состав паразитофауны рыб, их встречаемость и уровни заражения, выявить эпизоотически и эпидемиологически значимые виды.

Целью исследований стало проведение эколого-фаунистического анализа трематод рыб в водохранилищах Европейской части России.

Материалы и методы

Работа выполнена в рамках научных исследований при осуществлении государственного мониторинга водных биоресурсов во внутренних водоемах РФ в период с 2011 по 2021 гг. Объектами исследования были рыбы из семейств Cyprinidae (карповые), Percidae (окуневые), Esocidae (щуковые) и Odontobutidae (головешковые).

Отлов рыб осуществляли с помощью ставных сетей со стандартной ячейей от 30 до 70 мм. Паразитологические исследования проведены в 23 водохранилищах, расположенных в 9 областях Центрального Федерального округа (ЦФО). На протяжении периода исследования работы проводили ежегодно в двух водных объектах – Белгородском и Матырском водохранилищах, в трех водоемах – однократно и в остальных – в течение 3–5 лет (табл. 1).

Гельминтологическому анализу подвергнуты рыбы в возрасте от двухлеток (1+) до семилеток (6+). Исследования проведены по общепринятым в ихтиопаразитологии методам [1, 3, 14, 20]. Всего исследовано около 4800 экз. рыб.

Для количественной оценки зараженности рыб применяли следующие показатели: встречаемость или экстенсивность инвазии (ЭИ, %), интенсивность инвазии (ИИ, экз./рыбу), амплитуду интенсивности инвазии (АИИ, экз./рыбу) и индекс обилия (ИО, экз./рыбу).

Обнаруженные виды трематод разделяли по частоте встречаемости в водохранилищах на:

- фоновые, встречающиеся более чем в 70% водных объектах;
- обычные, встречающиеся более чем в 30% водных объектах;

Таблица 1 [Table 1]

Районы проведения паразитологических исследований и виды обследованных рыб
[Areas of parasitological studies and examined fish species]

Область в ЦФО [Region in the Central Federal District]	Водохранилища [Reservoirs]	Обследованные виды рыб [Examined fish species]
Белгородская [Belgorod]	Белгородское, Старооскольское [Belgorod, Stary Oskol]	щука, окунь, ерш, плотва, красноперка, лещ, густера, карась серебряный, линь [pike, perch, ruff, roach, rudd, bream, white bream, crucian carp, tench]
Липецкая [Lipetsk]	Матырское [Matyra]	щука, судак, окунь, сом, плотва, красноперка, лещ, густера, линь [pike, pikeperch, perch, catfish, roach, rudd, bream, white bream, tench]
Тамбовская [Tambov]	Тамбовское, Шушпанское, Челнавское, Кершинское [Tambov, Shushpan, Chelnovaya, Kershana]	щука, окунь, лещ, плотва, красноперка, карась [pike, perch, bream, roach, rudd, crucian carp]
Тульская [Tula]	Щекинское, Черепетское [Shchekino, Cherepet]	окунь, ерш, ротан, плотва, карась серебряный, сазан, уклейка [perch, ruff, Amur sleeper, roach, crucian carp, European carp, common bleak]
Рязанская [Ryazan]	Новомичуринское [Novomichurinsk]*	судак, окунь, густера, лещ, карась, плотва, красноперка [pikeperch, perch, white bream, bream, crucian carp, roach, rudd]
Смоленская [Smolensk]	Яузское*, Вазузское* [Yauza, Vazuza]	судак, окунь, плотва, лещ [pikeperch, perch, roach, bream]
Курская [Kursk]	Копенское (Железногорское) [Kopenki (Zheleznogorsk)]	окунь, щука, окунь, ерш, лещ, плотва, густера, красноперка, карась [perch, pike, ruff, bream, roach, white bream, rudd, crucian carp]
Московская [Moscow]	Яхромское, Икшинское, Пестовское, Пяловское, Клязьминское, Озернинское, Можайское, Рузское [Yakhroma, Iksha, Pestov, Pyalov, Klyazma, Ozernya, Mozhaysk, Ruza]	судак, окунь, ерш, плотва, лещ, густера, плотва, красноперка [pikeperch, perch, ruff, roach, bream, white bream, rudd]
Тверская [Tver]	Угличское, Ивановское [Uglich, Ivankovo]	щука, судак, берш, окунь, красноперка, лещ, густера, плотва [pike, pikeperch, Volga pikeperch, perch, rudd, bream, white bream, roach]

Примечание [Note]. * – исследования в водохранилище проведены разово

[* – One-time study of the reservoir was performed]

- редкие, встречающиеся в более чем в 10% водных объектах;
- очень редкие, встречающиеся менее чем в 10% водных объектах.

Для оценки видового разнообразия трематод в водохранилищах рассчитывали индекс Кабиоша (К): чем меньше значение К, тем больше степень сходства сравниваемых сообществ [10].

Математическая обработка результатов исследований выполнена с использованием методов статистического анализа в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Анализ результатов паразитологических исследований, проведенных в водохранилищах Европейской части России, показал пре-

обладание в гельминтофауне рыб трематод. Они доминируют среди всех обнаруженных гельминтов; их доля составляет от 50 (в Можайском водохранилище) до 100% (в Кершинском водохранилище). Обнаружено 29 видов, относящихся к 14 родам, из которых 20 видов (68,9%) выявлены на стадии метацеркарий (табл. 2).

Анализ сообщества трематод рыб из различных водохранилищ показал, что состав разнообразен в видовом отношении и представлен следующим образом: в Белгородском и Тамбовском – по 16 видов, Матырском – 15, Яхромском – 13, Челнавском, Пестовском и Угличском – по 12, Старооскольском и Пяловском – по 11, Можайском, Черепетском и Копенском (Железногорском) – по 9, Икшинском, Клязьминском и Новомичуринском – по 8, Щекинском – 7,

Таблица 2 [Table 2]

Видовой состав трематод у рыб в водохранилищах Европейской части России
[Species composition of trematodes in fish in reservoirs of the European part of Russia]

№п/п	Вид трематод [Trematode species]	Локализация [Location]	Хозяин [Host]	Места находок (водохранилище) [Reservoir]
1	2	3	4	5
1	<i>Tylodelphys clavata</i> mtc	стекловидное тело [vitreous body]	щука, судак, окунь, ерш, лещ, густера, плотва, красноперка, карась, окунь [pike, pikeperch, perch, ruff, bream, white bream, roach, rudd, crucian carp, perch]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23
2	<i>T. podicipina</i> mtc	стекловидное тело [vitreous body]	щука, судак, берш, окунь, ерш, ротан [pike, pikeperch, Volga pikeperch, perch, ruff, Amur sleeper]	6, 9, 17, 18
3	<i>Diplostomum volvens</i> (<i>D.gavutum</i>) mtc	хрусталик [lens]	щука, судак, ерш, лещ, плотва [pike, pikeperch, ruff, bream, roach]	3, 4, 9, 17, 18
4	<i>D. chromatophorum</i> mtc	хрусталик [lens]	лещ, плотва, линь [bream, roach, tench]	1, 2, 3, 5, 6, 9, 17
5	<i>D. spathaceum</i> mtc	хрусталик [lens]	щука, окунь, лещ, густера, плотва, красноперка, карась [pike, perch, bream, white bream, roach, rudd, crucian carp]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 23
6	<i>D. parashathaceum</i> mtc	хрусталик [lens]	лещ [bream]	4
7	<i>D.commutatum</i> (<i>D.rutili</i>) mtc	хрусталик [lens]	щука, окунь, ерш, плотва [pike, perch, ruff, roach]	1, 2, 3, 9, 18
8	<i>D. mergi</i> mtc	хрусталик [lens]	щука, окунь [pike, perch]	2, 3, 4, 23
9	<i>D. gasterostei</i> mtc	хрусталик [lens]	щука [pike]	9, 16
10	<i>Ichthyocotylurus variegatus</i> mtc	почки [kidneys]	судак, берш, окунь, ерш, лещ [pikeperch, Volga pikeperch, perch, ruff, bream]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23
11	<i>I. pileatus</i> mtc	почки [kidneys]	судак, окунь, лещ, плотва [pikeperch, perch, bream, roach]	1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 14, 16, 18, 19, 20, 21
12	<i>I. platycephalus</i> mtc	почки [kidneys]	окунь, лещ [pikeperch, perch, bream, roach]	1, 2, 3, 6, 11, 16, 18, 19, 22
13	<i>I. erraticus</i> mtc	сердце [heart]	ерш, лещ, густера, плотва, красноперка, карась [ruff, bream, white bream, roach, rudd, crucian carp]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 22
14	<i>Posthodiplostomum cuticola</i> mtc	кожа, ротовая полость, жаберные дуги [skin, oral cavity, gill arches]	густера, плотва, красноперка [white bream, roach, rudd]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
15	<i>P. brevicaudatum</i> mtc	стекловидное тело [vitreous body]	щука, окунь, красноперка [pike, perch, rudd]	1, 2, 9, 16, 22
16	<i>Duboisia teganuma</i> mtc	мышцы [muscles]	карась [crucian carp]	1
17	<i>Paracoenogonimus ovatus</i> mtc	мышцы [muscles]	лещ, густера, плотва, красноперка, карась, линь [bream, white bream, roach, rudd, crucian carp, tench]	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 20, 23
18	<i>Pseudoamphistomum truncatum</i> mtc	мышцы [muscles]	лещ, плотва, красноперка [bream, roach, rudd]	1, 3, 4, 7
19	<i>Apophallus muehlingi</i> mtc	кожа, лучи плавников, мышцы [skin, fin rays, muscles]	судак, окунь, лещ, густера, плотва, красноперка [pikeperch, perch, bream, white bream, roach, rudd]	2, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 18, 23
20	<i>Rossicotrema donicum</i> mtc	лучи плавников [fin rays]	окунь [perch]	2
21	<i>Bucephalus polymorphus</i>	кишечник [intestines]	судак [pikeperch]	1, 4
22	<i>Bunodera luciopercae</i>	кишечник [intestines]	щука, судак, берш, окунь, ерш	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 19, 23

Окончание таблицы 2 [End of table 2]

1	2	3	4	5
23	<i>Asymphylodera tincae</i>	кишечник [intestines]	плотва, линь [roach, tench]	1, 7, 11
24	<i>A. kubanikum</i>	кишечник [intestines]	линь [tench]	1, 4
25	<i>A. imitans</i>	кишечник [intestines]	окунь [perch]	21
26	<i>A. demeli</i>	кишечник [intestines]	линь [tench]	4
27	<i>Allocreadium isoporum</i>	кишечник [intestines]	окунь [perch]	12
28	<i>A. dogiele</i>	кишечник [intestines]	плотва [roach]	4
29	<i>Azygia lucii</i>	кишечник [intestines]	судак, берш [pikeperch, Volga pikeperch]	7, 9, 11

Примечание [Note]:

1 – Белгородское; 2 – Матырское; 3 – Старооскольское; 4 – Тамбовское; 5 – Шушпанское; 6 – Челнавское; 7 – Угличское; 8 – Ивановское; 9 – Яхромское; 10 – Икшинское; 11 – Пестовское; 12 – Пяловское; 13 – Клязьминское; 14 – Рузское; 15 – Озернинское; 16 – Можайское; 17 – Щекинское; 18 – Черепетское; 19 – Новомичуринское; 20 – Кершинское; 21 – Яузское; 22 – Вазузское; 23 – Копенское (Железнодорожное)

[1 – Belgorod; 2 – Matyra; 3 – Stary Oskol; 4 – Tambov; 5 – Shushpan; 6 – Chelnovaya; 7 – Uglich; 8 – Ivankovo; 9 – Yakhroma; 10 – Iksha; 11 – Pestov; 12 – Pyalov; 13 – Klyazma; 14 – Ruza; 15 – Ozernya; 16 – Mozhaysk; 17 – Shchekino; 18 – Cherepet; 19 – Novomichurinsk; 20 – Kershana; 21 – Yauza; 22 – Vazuza; 23 – Kopenki (Zheleznogorsk)]

Шушпанском, Кершинском, Яузском, Ивановском – по 6, Рузском и Вазузском – по 5, Озернинском – 4. Незначительное число видов в некоторых водохранилищах (например, Вазузском) можно объяснить недостаточной изученностью паразитофауны из-за разовых исследований, в других водохранилищах (например, Озернинском) – недостаточным количеством и качеством состава гастропод, как первых промежуточных хозяев.

Видовой состав трематод отдельных систематических групп рыб имеет свои отличительные особенности. Наиболее разнообразную фауну трематод имеют карповые рыбы – 21 вид, у окуневых обнаружено 18 видов, а у ротана – 1 вид. У окуня обнаружено 15 видов трематод, у леща и плотвы – 12, у судака – 9, у щуки и красноперки – 8, у ерша и густеры – 6, у берша и карася – 4, у линя – 3 и у ротана – 1 вид.

Большинство трематод обладают широкой специфичностью – *Tylodelphys clavata* выявлен у 9 видов рыб, *Diplostomum spathaceum* и *Paracoenogonimus ovatus* – у 7, *A. muehlingi* – у 6 видов.

Во всех водоемах преобладали аллогенные виды трематод (от 66,7 до 100%), заканчивающие цикл развития в рыбоядных птицах. Гельминты на стадии марит (автогенные)

(*Vicephalus polymorphus*, *Bunodera luciopercae*, *Asymphylodera tincae*, *A. kubanikum*, *A. imitans*, *A. demeli*, *Allocreadium isoporum*, *A. dogiele*, *Azygia lucii*) встречаются в кишечниках рыб в 70% водохранилищ, за исключением Старооскольского, Кершенского, Шушпанского, Черепетского, Вазузского, Ивановского и Озернинского.

Нами обнаружен в трематодофауне Копенского, Пестовского, Пяловского, Клязьминского, Ивановского и Угличского водохранилищ *Arophallus muehlingi*, вид, отнесенный к чужеродным паразитам (акклиматизантам) для Волго-Каспийского бассейна [6].

Видовой состав более разнообразен в Щекинском и Яузском (K = 0,690), Щекинском и Пестовском (K = 0,650) водохранилищах, что характеризует их как наиболее различающиеся по гидробиологическим показателям (наличия разных видов моллюсков – первых промежуточных хозяев трематод) и гидрологическим характеристикам.

Наибольшее сходство состава трематод выявлено в Ивановском водохранилище с водохранилищами канала им. Москвы – Икшинском и Клязьминском (K = 0,170–0,180). Это связано со схожестью их рыбного сообщества, высокой численностью гастропод

и наличием мест гнездования дефинитивных хозяев трематод, а также связью их одной гидрологической сетью. В других сравниваемых водохранилищах различия видового разнообразия трематод составляли от 42 до 52% ($K = 0,420-0,520$).

Некоторые виды трематод в водохранилищах нашли благоприятные условия для своего развития, широкого распространения и являются фоновыми, так как встречаются более чем в 70% обследованных водоемах. К ним относятся *Posthodiplostomum cuticola* (100%), *Tylodelphys clavata* (97%), *Diplostomum spathaceum* (83%), *Ichthyocotylurus variegatus* (83%), *I. erraticus* (74%).

В период обследования цисты с метацеркариями *P. cuticola* периодически встречались в эпидермисе, ротовой полости и в редких случаях на жаберных дугах карповых рыб во всех водохранилищах.

Сравнение зараженности леща и плотвы, как наиболее многочисленных хозяев этих паразитов в обследованных водоемах, показало, что плотва более заражена, чем лещ, однако в Шушпанском водохранилище она была практически не заражена, при этом зараженность леща также была самой низкой (рис. 1). Вероятно, это связано с малочисленностью его первого промежуточного хозяина моллюсков рода *Planorbis*.

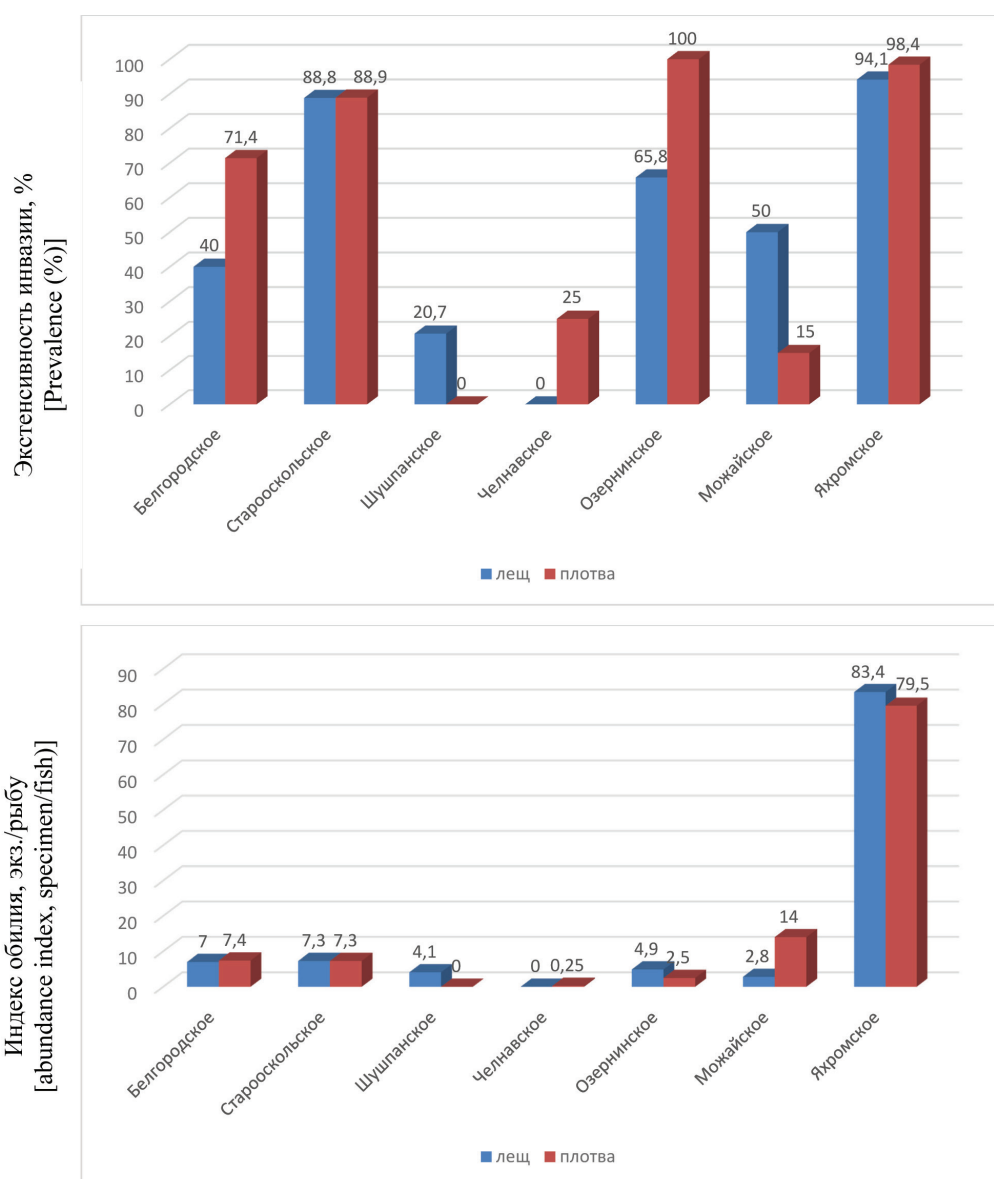


Рис. 1. Уровень заражения леща и плотвы метацеркариями *Posthodiplostomum cuticola* в некоторых водохранилищах

[Fig. 1. The level of infection of bream and roach with *Posthodiplostomum cuticola* metacercariae in some reservoirs]

Tyloodelphys clavata встречается в тремато-дофауне всех водохранилищ, за исключением Вазузского. У большинства обследованных видов рыб зараженность стекловидного тела достаточно высокая, за исключением берша, линя и ротана, у которых паразит не был обнаружен. В исследованиях накопился

достаточно обширный материал по зараженности окуня. Максимальная интенсивность инвазии достигала у отдельных экземпляров окуня в Старооскольском и Шушпанском водохранилищах 642 и 613 экз./рыбу соответственно, а в Матырском – 458 экз./рыбу (табл. 3).

Таблица 3 [Table 3]

Встречаемость и уровень заражения окуня mtc *Tyloodelphys clavata*
[Incidence and level of infection with *Tyloodelphys clavata* mtc in perch]

Водохранилище [Reservoir]	ЭИ, % [Prevalence, %]	ИИ, экз./рыбу [The intensity of infection, sp./fish]	АИИ, экз./рыбу [Infection intensity amplitude, sp./fish]	ИО, экз./рыбу [Abundance index, sp./fish]
Белгородское [Belgorod]	74,6	49,5±11,7	1,0-120,0	39,0
Старооскольское [Stary Oskol]	87,8	187,1±39,5	10,0-642,0	155,8
Матырское [Matyra]	82,2	174,3±39,8	33,0-458,0	139,6
Шушпанское [Shushpan]	69,9	229,9±95,9	37,0-824,0	178,3
Челнавское [Chelnovaya]	64,6	47,6±8,4	10,0-146,0	34,8
Пестовское* [Pestov]	67,0	29,5	29,0-30,0	19,7
Пяловское* [Pyalov]	25,0	16,0	0-16,0	4,0
Рузское* [Ruza]	40,0	27,5	24,0-30,0	11,0
Озернинское* [Ozernya]	100	59,5	42,0-77,0	59,5
Можайское [Mozhaysk]	87,5	28,7±10,4	11,0-39,0	26,4
Черепетское [Cherepet]	100	8,3±0,8	2,0-13,0	8,3
Щекинское [Shchekino]	80,0	36,1±12,5	8,0-100,0	31,2
Новомичуринское* [Novomichurinsk]	100	62,3	20,0-110,0	62,3
Кершинское [Kershana]	83,4	22,1±19,1	3,0-75,0	15,2
Копенское [Kopenki]	100	54,5±25,5	19,0-80,0	54,5

Примечание [Note]. * – статистическая обработка не была проведена в связи с малым объемом выборки
 [* - Statistical analysis was not performed due to the small sample size]

Зараженность окуня в Пяловском водохранилище была наименьшей, а в Челнавском при достаточно низкой встречаемости инвазия достигала 125 экз./рыбу.

Диплостомиды встречались в хрусталиках у щуки и практически у всех обследованных видов окуневых и карповых рыб и были представлены 7 видами. Встречаемость их в обследованных водоемах разная: *Diplostomum spathaceu*, который являлся фоновым видом – 83%, *D. chromatophorum* – 30,4%, *D. commutatum* и *D. volvens* – 21,7%, *D. mergi* – 17,4%, *D. gasterostei* – 8,7%, *D. parashathaceum* – в 4,4%. У карповых рыб часто встречающиеся виды – *D. spathaceum* и *D. chromatophorum*, у окуневых и щуки – *D. volvens*, *D. mergi* и *D. commutatum*, *D. gasterostei* (только у щуки), а *D. parashathaceum* обнаружен только у леща.

На рисунке 2 приведена общая зараженность леща и плотвы *Diplostomum spathaceum* и *D. chromatophorum*. При этом инвазия плотвы значительно выше, чем леща, в Шушпанском, Челнавском, Озернинском и Можайском водохранилищах. Максимальная инвазия отмечена в Челнавском водохранилище, где зараженность плотвы достигала 169 экз./рыбу.

Род *Ichthyocotylurus* в трематофауне рыб представлен 4 видами – *I. variegatus*, *I. erraticus*, *I. pileatus*, *I. platycephalus*. Из них два первых являются фоновыми и встречаются более чем в 70% водоемов. Наиболее зараженными были окуневые виды рыб (окунь, судак и берш), у которых цисты с метацеркариями локализовались в полости тела и на почках (рис. 3). Максимальная зараженность этим гельминтом была выявлена у берша в Угличском во-

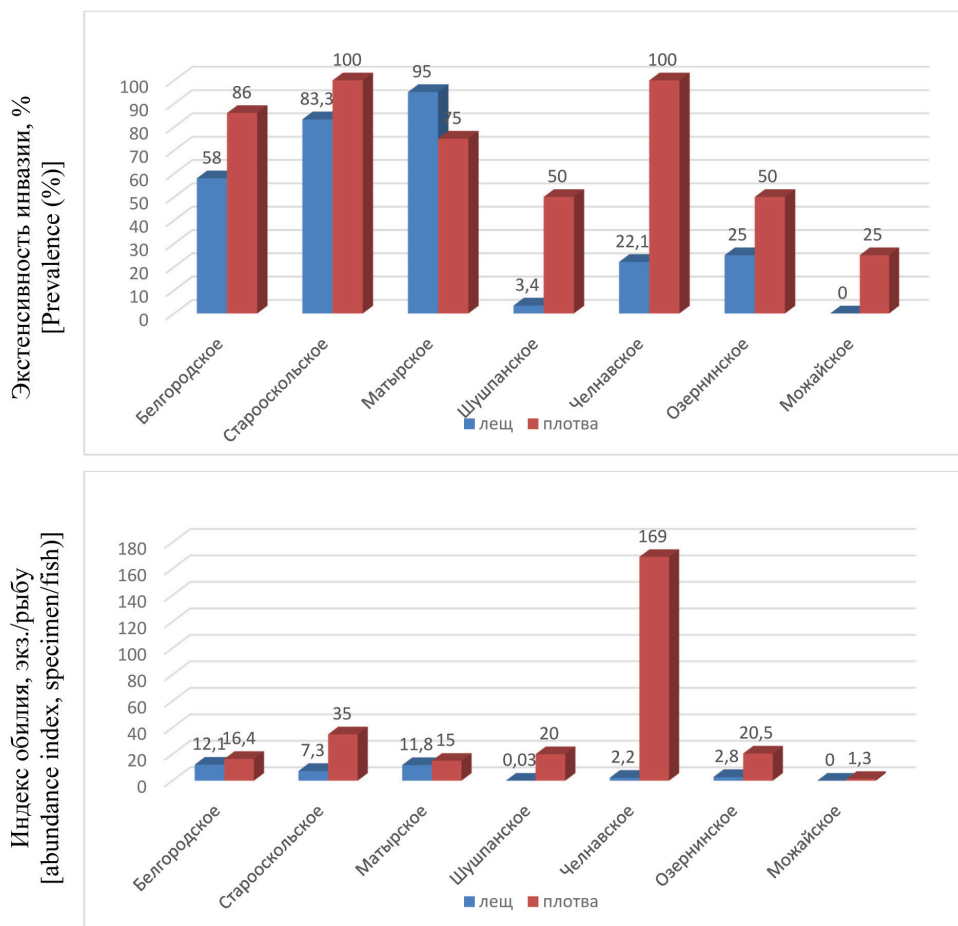


Рис. 2. Уровень заражения метацеркариями диплостомид леща и плотвы в некоторых водохранилищах
 [Fig. 2. The level of infection of bream and roach with *Diplostomum mtc* in some reservoirs]

дохранилище (при ЭИ = 50 % АИИ достигала 234 экз./рыбу).

Цисты метацеркарии *I. erraticus* находили в области сердца у карповых рыб (рис. 4). Максимальный уровень заражения выявлен у

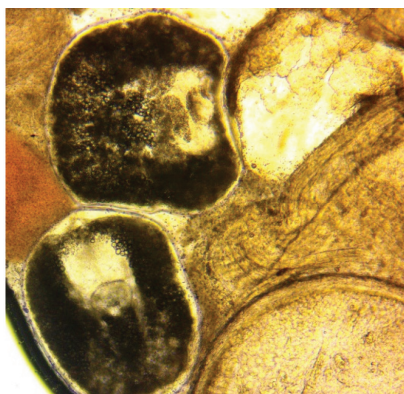


Рис. 3. Метацеркарии *Ichthyocotylurus variegatus* (ув. 40 × 10)

[Fig. 3. Metacercariae of *Ichthyocotylurus variegatus* (magnification 40 × 10)]

густеры в Белгородском водохранилище при ИИ, равной 321 экз./рыбу и ЭИ = 75% и в Матырском водохранилище у леща и плотвы, соответственно, ЭИ = 69,5%, ИИ = 287 экз./рыбу и ЭИ = 50%, ИИ = 154 экз./рыбу. Этот вид трематод встречался также у красноперки, карася и ерша, но с меньшей интенсивностью инвазии (от 1 до 60 экз./рыбу).

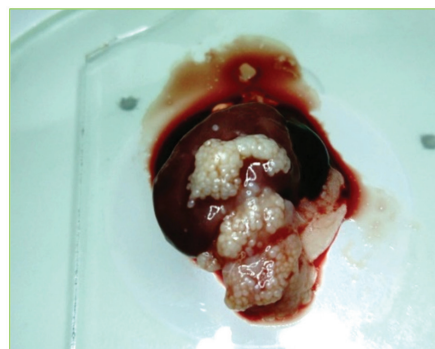


Рис. 4. Цисты с метацеркариями *Ichthyocotylurus erraticus* [Fig. 4. Cysts with metacercariae of *Ichthyocotylurus erraticus*]

К обычным видам из рода *Ichthyocotylurus* мы отнесли *I. pileatus*, так как он встречался в 57% обследованных водохранилищ у судака, окуня, леща и плотвы. В эту же группу трематод включаем *I. platycephalus*, который обнаруживали в 39% водоемах: Белгородском, Матырском, Челнавском, Можайском, Черепетском, Вазузском и Новомичуринском водохранилищах.

В таблице 4 приведены данные по зараженности окуня метацеркариями ихтиокотилюрид в водохранилищах. Наиболее заражен окунь в Матырском, Пяловском, Рузском, Черепетском, Вазузском, где встречаемость ихтиокотилюрид высокая (у 80–100% рыб).

Также, к обычным видам трематод относим *Parascogenomimus ovatus*, *Bunodera luciopercae*, *A. muehlingi* и *D. chromatophorum*, которые встречались в 65, 57, 39 и 31% обследованных водохранилищ.

В последние годы (2019–2021 гг.) у карповых рыб (лещ, плотва, красноперка, густера, карась, линь) увеличилась зараженность метацеркариями *P. ovatus*, которые в инцистированном виде обнаруживали в мышцах. Максимальная интенсивность инвазии отмечена у плотвы в Икшинском и Пяловском водохранилищах (соответственно 630 и 240 экз./рыбу). Зараженность густеры в Пяловском была несколько ниже и составила 170 экз./рыбу, в Старооскольском у линя – 140 экз./рыбу. Следует отметить, что ранее (2014–2018 гг.) зараженность этими трематодами карповых рыб была значительно ниже и составляла 10–30 экз./рыбу.

Из трематод на стадии мариты широкое распространение в водохранилищах имела *B. luciopercae*, которая паразитировала в кишечниках хищных рыб – щуки, судака и окуня. Высокая интенсивность инвазии (66 экз./рыбу) обнаружена у окуня в Икшинском водохранилище в июле 2020 г., в остальных водоемах уровень заражения был невысокий (от 1 до 10 экз./рыбу, ЭИ от 20 до 100%). Другие виды марит встречались реже, что возможно обусловлено низкой численностью их первых промежуточных хозяев в условиях водохранилищ, что отмечала Н. А. Изюмова [8].

Редкие виды трематод *P. brevicaudatum*, *D. commutatum*, *D. volvens*, *D. mergi*, *Tylodelphys podicipina*, *Pseudoamphistomum truncatum*, *Asymphylodera tincae* и *Azygia lucii* представлены в 13–22% водохранилищ.

К очень редким видам трематод, встречающимся в 4–9% обследованных водоемах, относятся: *Asymphylodera kubanikum*, *Bucephalus polymorphus*, *D. gasterostei* и *D. parashathaceum*, *Rossicotrema donicum*, *Allocreadium isoporum* и *A. dogiele*, *Asymphylodera imitans* и *A. demeli*, *Duboisia teganuma*.

Вместе с тем, некоторые виды трематод выявлены у одного хозяина или очень ограниченного круга хозяев. Метацеркарии *Duboisia teganuma* обнаружены в мышцах у серебряного карася при ЭИ = 16% и ИИ = 10 экз./рыбу в Белгородском водохранилище. *Tylodelphys podicipina* был в наших исследованиях редким паразитом и локализовался в стекловидном теле у окуня и судака, но, кроме того, была единственная находка этого гельминта в стекловидном теле ротана (ЭИ = 10%, ИИ = 3 экз./рыбу) в Щекинском водохранилище, что расширяет круг его хозяев. Трематода *Azygia lucii*, специфичный паразит щуки, нами был обнаружен в кишечниках у судака (ЭИ = 50%, ИИ = 60 экз./рыбу) и берша (ЭИ = 50%, ИИ = 26 экз./рыбу) в Угличском водохранилище. Известно, что специфичность трематод намного шире и обусловлена возможностью встреч паразита с потенциальным хозяином [7], что объясняет обнаружение нами *A. lucii* у судака и берша.

Таким образом, в трематодофауне рыб нами отмечены наиболее часто встречаемые сообщества:

- *Tylodelphys clavata* + *Ichthyocotylurus variegatus* у окуня;
- *T. clavata* + род *Diplostomum* и *T. clavata* + род *Diplostomum* + *Posthodiplostomum cuticola* у плотвы;
- род *Diplostomum* + *P. ovatus*, род *Diplostomum* + *I. erraticus*, *P. cuticola* + *T. clavata* + *P. ovatus* у леща.

В обследуемых водоемах выявлены три вида трематод, представляющие реальную и потенциальную опасность для здоровья человека и теплокровных животных – *Pseudoamphistomum truncatum* (сем. *Opisthorchiidae*), *Apophallus muehlingi* и *Rossicotrema donicum* (сем. *Heterophyidae*). Заражение человека может происходить при употреблении в пищу инвазированной этим гельминтом сырой или недостаточно термически обработанной рыбы.

P. truncatum паразитирует в желчных протоках и желчном пузыре у человека и тепло-

Таблица 4 [Table 4]

Встречаемость и уровень заражения окуня mtc рода *Ichthyocotylurus*
[Incidence and level of infection with *Ichthyocotylurus* mtc in perch]

Водохранилище [Reservoir]	Вид трематод [Species of trematodes]	ЭИ, % [Prevalence, %]	ИИ, экз./рыбу [The intensity of infection, sp./fish]	АИИ, экз./рыбу [Infection intensity amplitude, sp./fish]	ИО, экз./рыбу [Abundance index, sp./fish]
Белгородское [Belgorod]	<i>I. variegatus</i>	48,5	9,2±0,3	1,0-58,0	6,6
	<i>I. pileatus</i>	45,1	44,4±3,6	3,0-117,5	9,9
	<i>I. platycephalus</i>	91,7	12,2±0,5	1,0-50,0	12,1
Старооскольское* [Stary Oskol]	<i>I. variegatus</i>	47,0	11,7±0,6	1,0-63,0	6,0
	<i>I. pileatus</i>	22,2	1,5	1,0-2,0	0,33
Матырское [Matyra]	<i>I. variegatus</i>	41,4	40,7±9,7	1,0-51,0	18,6
	<i>I. pileatus</i>	100	9,0	3,0-18,0	9,0
	<i>I. platycephalus</i>	79,3	68,8±8,3	26,0-351,0	52,9
Шушпанское [Shushpan]	<i>I. variegatus</i>	39,3	19,0±0,5	5,0-54,0	8,7
Челнавское [Chelnovaya]	<i>I. variegatus</i>	53,6	47,6±3,9	15,0-69,0	25,0
	<i>I. pileatus</i>	23,4	25,7±0,3	5,0-36,0	3,3
	<i>I. platycephalus</i>	20,0	55,0±0,7	15,0-70,0	13,6
Яхромское [Yakhroma]	<i>I. variegatus</i>	87,5	13,4	6,0-17,0	11,7
	<i>I. pileatus</i>	28,1	2,7±0,09	0-6,0	0,9
Пяловское* [Pyalov]	<i>I. variegatus</i>	75,5	18,7	12,0-32,0	14,0
	<i>I. pileatus</i>	100	66,3	23,0-130,0	66,3
Рузское* [Ruza]	<i>I. pileatus</i>	100	79,2	5,0-201,0	79,2
Можайское* [Mozhaysk]	<i>I. pileatus</i>	25,0	6,0	0-6,0	1,5
	<i>I. platycephalus</i>	75,0	12,8±0,3	5,0-19,0	11,2
Черепетское [Cherepet]	<i>I. variegatus</i>	75,0	81,0	55,0-107,0	60,8
	<i>I. pileatus</i>	75,0	90,0	43,0-137,0	67,5
	<i>I. platycephalus</i>	75,0	7,5	2,0-13,0	5,7
Вазузское* [Vazuza]	<i>I. variegatus</i>	80,0	13,3	2,0-27,0	10,6
	<i>I. platycephalus</i>	80,0	57,0	16,0-145,0	45,6
Новомичуринское* [Novomichurinsk]	<i>I. variegatus</i>	25,0	3,0	0-3,0	0,75
	<i>I. pileatus</i>	50,0	18,0	3,0-15,0	9,0
	<i>I. platycephalus</i>	25,0	3,0	0-3,0	0,75
Кершинское* [Kershana]	<i>I. variegatus</i>	11,1	1,0	0-1,0	0,1
	<i>I. pileatus</i>	11,1	5,0	0-5,0	0,6
Яузское* [Yauza]	<i>I. variegatus</i>	50,0	14,0	10,0-18,0	7,0
	<i>I. pileatus</i>	75,0	26,0	8,0-40,0	19,5

Примечание [Note]. * – в некоторых случаях статистическая обработка не была проведена в связи с малым объемом выборки
[* - In some cases statistical analysis was not performed due to the small sample size]

кровных животных, вызывая псевдоафистомоз; клинические признаки аналогичные как при описторхозе. Апофаллюсы и россикотремы могут паразитировать в тонком кишечнике у теплокровных и являются потенциально опасными гельминтами [21].

Метацеркарии трематод *P. truncatum* обнаружены нами в мышцах карповых рыб (плот-

ва, лещ, карась серебряный, красноперка) в Угличском, Белгородском и Старооскольском водохранилищах. Встречаемость зараженных рыб варьировала по годам и составляла у плотвы от 10 до 33,3%, у леща от 8,3 до 29% и карася – 20% при интенсивности инвазии 10 экз./рыбу. Наиболее зараженной оказалась плотва – ИО = 3,3 экз./рыбу.

Метацеркарии трематод *Aporhalls muehlingi* встречались у окуневых и карповых рыб в Ивановском, Угличском и Матырском водохранилищах и водохранилищах канала им. Москвы (Икшинском, Пестовском, Пяловском и Клязьминском). *A. muehlingi* отмечен у 6 видов рыб: судака, окуня, леща, густеры, плотвы, красноперки. Максимальная зараженность отмечена в Пяловском водохранилище у окуня массой 120–140 г. Интенсивность инвазии их составила 584,3 экз./рыбу и у отдельных особей достигала 2068 паразитов.

Метацеркарии трематод *Rossicotrema donicum* были обнаружены нами у одного окуня из Матырского водохранилища. ИИ составила 26 экз./рыбу.

Присутствие окончательных хозяев, условия для размножения первых промежуточных хозяев – моллюсков (наличие высокой зарастаемости высшей водной растительностью от 30% площади и более) обеспечивают циркуляцию трематод и способствуют формированию природных очагов трематодозов.

Заключение

Исследования показали, что гельминтофауна рыб в обследованных 23 водохранилищах, расположенных в Европейской части России, от 50 до 100% представлена трематодами. Преобладание трематод в паразитофауне рыб обусловлено разнообразием и многочисленным числом моллюсков – промежуточных хозяев, восприимчивыми видами рыб и численностью окончательных хозяев.

По итогам обследования 12 видов рыб, относящихся к семействам Cyprinidae, Percidae, Esocidae и Odontobutidae, выявлено 29 видов трематод из 14 родов, из них 20 видов (68,9%) паразитируют на стадии метацеркарий. По частоте встречаемости в водохранилищах трематоды разделяются на фоновые (5 видов), обычные (6), редкие (8) и очень редкие (10). Отмечено, что большинство трематод обладают широкой специфичностью: *Tylodelphys clavata* выявлен у 9 видов рыб, *Diplostomum spathaceum* и *Paracoenogonimus ovatus* – у 7 видов, *Aporhalls muehlingi* – у 6 видов. Отмечено расширение круга хозяев для *Tylodelphys podicipina*. В трематодофауне выявлен *Aporhalls muehlingi*, относящийся к чужеродным видам для Волго-Каспийского бассейна.

Фауна трематод представлена в Белгородском водохранилище 16 видами, Яхромском – 13, Угличском и Челнавском – 12, Пестовском и Пяловском – 11 видами. Наибольшее сходство видов отмечено в Икшанском и Клязьминском, наименьшее – между Щекинским и Язовском, Щекинским и Пестовским.

Видовой состав трематод отдельных систематических групп рыб имеет свои отличительные особенности. Наиболее разнообразные фауны трематод имеют карповые рыбы (21 вид), у окуневых – 18 видов, а самую бедную – ротан (1 вид). У окуня зарегистрировано 15 видов трематод, у леща и плотвы – 12, у судака – 9, у щуки и красноперки – 8, у ерша и густеры – 6, у берша и карася – 4, у линя – 3 и у ротана – 1 вид.

Комплекс экологических факторов оказывает существенное влияние на численность постодиплостомид, диплостомид и ихтиокотиллюрид и способствует формированию очагов этих трематодозов: постодиплостомоза (Яхромское водохранилище), ихтиокотиллюроза (Матырское, Рузское, Пяловское, Черепетское водохранилища) и диплостомоза (Челнавское водохранилище).

Эпидемиологическую ситуацию в Белгородском, Старооскольском, Матырском, Челнавском, Угличском, Ивановском, Пестовском, Пяловском, Клязьминском водохранилищах следует считать неблагоприятной, т. к. в фауне трематод зарегистрированы потенциально опасные для теплокровных животных и человека *Pseudoamphistomum truncatum*, *Aporhalls muehlingi* и *Rossicotrema donicum*.

Проведенные исследования позволяют рассматривать трематод как наиболее многочисленную группу гельминтов, характерную для эвтрофированных водоемов.

Список источников

1. Беэр С. А. Биология возбудителя описторхоза. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 336 с.
2. Бисерова Л. И. Оценка состояния сообществ промысловых рыб некоторых водоемов центральной России в отношении опасных для человека гельминтов // Труды Центра паразитологии. Т. XLIX: Фауна и экология паразитов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. С. 11–12.

3. *Быховская-Павловская И. Е.* Паразиты рыб: Руководство по изучению. Л.: Наука: Ленингр. отделение, 1985. 123 с.
4. *Головина Н. А., Романова Н. Н., Головин П. П., Здрок А. В.* Мониторинг качества и безопасности водных биологических ресурсов из водоемов Центрального Федерального округа Российской Федерации // Санитария и гигиена. 2020. Т. 99, № 3. С. 246-252.
5. *Жохов А. Е., Пугачева М. Н.* Паразиты-вселенцы бассейна Волги: история проникновения, перспективы распространения, возможность эпизоотий // Паразитология. 2001. Т. 35, № 3. С. 201-212.
6. *Жохов А. Е., Пугачева М. Н.* Волга как инвазионный коридор для расселения паразитов рыб. Природные экосистемы Каспийского региона: прошлое, настоящее, будущее // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию Астраханского государственного заповедника. Астрахань: МИР, 2019. С. 193-194.
7. *Иванов В. М., Семенова Н. Н., Калмыков А. П.* Гельминты в экосистеме дельты Волги. Т. 1: Трематоды. Астрахань: Волга, 2012. 254 с.
8. *Изюмова Н. А.* Паразитофауна рыб водохранилищ СССР и пути ее формирования. Л.: Наука, 1977. 284 с.
9. *Кудрявцева Т. М.* Обнаружение описторхид в карповых рыбах в пределах Санкт-Петербурга // «Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации»: материалы IV национальной научно-практической конференции. Саратов: Амирит, 2019. С. 154-157.
10. *Несис К. Н.* Зоогеографическое положение Средиземного моря. В кн.: Морская биогеография. М.: Наука, 1982. С. 270-299.
11. *Новак А. И.* Инвазии рыб в водоемах с различными экологическими условиями // Российский паразитологический журнал. 2010. № 2. С. 6-10.
12. *Новак А. И., Жаворонкова Н. В., Берестова А. Н.* Индикаторное значение паразитов рыб для оценки экологических условий водоемов Рязанской области // Вестник Томского государственного университета. 2013. Т. 18, Вып. 4. С. 1274-1278.
13. *Молодожникова Н. М., Жохов А. Е.* Таксономическое разнообразие паразитов рыбообразных и рыб бассейна Волги. III. Аспидогастры (Aspidogastrea) и трематоды (Trematoda) // Паразитология. 2007. Т. 41, № 1. С. 28-54.
14. *Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные, Ч. 2.* Л.: Наука, 1987. 583 с.
15. *Петрова В. В.* Эколого-фаунистические исследования паразитов рыб Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища // Труды Центра паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. Т. XLIX: Фауна и экология паразитов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. С. 99-100.
16. *Петухов А. Н.* Изменение видового разнообразия паразитов рыб в Горьковском водохранилище // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. Кострома, 2003. № 2. С. 116-121.
17. *Романова Н. Н., Головина Н. А., Вишторская А. А., Головин П. П.* Особенности паразитофауны карповых и окуневых рыб в водохранилищах канала им. Москвы // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 3. С. 32-47. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-3-32-47>
18. *Румянцев Е. А.* Паразиты рыб как экологические индикаторы типологии и развития озер // Наука и мир. Волгоград, 2014. Т. 1, № 2 (6). С. 126-128.
19. *Семенова Н. Н., Иванов В. П., Иванов В. М.* Паразитофауна и болезни рыб Каспийского моря: Монография. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. 558 с.
20. *Судариков В. Е., Шигин А. А., Курочкин Ю. В., Ломакин В. В., Стенько Р. П., Юрлова Н. И.* Метатеркарии трематод — паразиты пресноводных гидробионтов России. М.: Наука, 2002. Т. 1. 298 с.
21. *Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016).*
22. *Шигин А. А.* Трематоды фауны России и сопредельных регионов: род *Diplostomum*. Мариты. Российская АН, Ин-т паразитологии. М.: Наука, 1993. 206 с.
23. *Bakiev A., Kirillov A., Mebert K.* Diet and Parasitic Helminths of Dice Snakes from the Volga Basin, Russia. *Mertensiella*. 2011; 18: 325-329.
24. *Preston D. L., Orlofske S. A., Lambden J. P., Johnson P. T. J.* Biomass and productivity of trematode parasites in pond ecosystems. *Journal of Animal Ecology*. 2013; 82. 509-517.
25. *Shikano Sh. Kanaya G., Yurlova N. I., Rastyazhenko N. M., Urabe M.* Integrating parasites into a lake food web. *Tohoku University CNEAS 20th anniversary international symposium*. Japan, Sendai. 2015; 94.

Статья поступила в редакцию 01.04.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Романова Наталья Николаевна, филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства («ВНИИПРХ») (141821, Московская область, Дмитровский г. о., п. Рыбное), Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-3154-7132, lab.ihtioapat@mail.ru

Головина Нина Александровна, Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет») (141821, Московская область, Дмитровский г. о., п. Рыбное), Россия, доктор биологических наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-3137-5425, kafvba@mail.ru

Вишторская Антонина Александровна, филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства («ВНИИПРХ») (141821, Московская область, Дмитровский г. о., п. Рыбное), Россия, vishtorskaya_aa@vniiprh.ru

Головин Павел Петрович, филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства («ВНИИПРХ») (141821, Московская область, Дмитровский г. о., п. Рыбное), Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9362-5610, golovin_pavel@mail.ru

Вклад соавторов:

Романова Наталья Николаевна – анализ полученных данных, написание текста рукописи.

Головина Нина Александровна – разработка дизайна исследований, написание текста рукописи.

Вишторская Антонина Александровна – обзор публикаций по теме статьи, анализ и оформление полученных данных.

Головин Павел Петрович – получение данных для анализа.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Bear S. A. Biology of the causative agent of opisthorchosis. M.: KMK Association of Scientific Publications, 2005; 336. (In Russ.)
2. Biserova L. I. Status assessment of commercial fish communities in some reservoirs of central Russia for helminths dangerous to humans. *Trudy Tsentra parazitologii. T. XLIX: Fauna i ekologiya parazitov = Proceedings of the Center of Parasitology. Vol. XLIX: Fauna and ecology of parasites.* M.: KMK Association of Scientific Publications, 2016; 11-12. (In Russ.)
3. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. Fish Parasites: A Study Guide. Leningrad: Nauka (Science): Leningrad Branch, 1985; 123. (In Russ.)
4. Golovina N. A., Romanova N. N., Golovin P. P., Zdrok A. V. Monitoring of quality and safety of aquatic biological resources from water bodies of the Central Federal District of the Russian Federation. *Sanitariya i gigiyena = Sanitary and Hygiene.* 2020; 99 (3): 246-252. (In Russ.)
5. Zhokhov A. E., Pugacheva M. N. Immigrant parasites of the Volga basin: entry history, distribution prospects, and epizootic outbreak possibility. *Parazitologiya = Parasitology.* 2001; 35 (3): 201-212. (In Russ.)
6. Zhokhov A. E., Pugacheva M. N., Volga as an infection corridor for the spread of fish parasites. Natural ecosystems of the Caspian region: past, present, and future. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 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; 193-194. (In Russ.)
7. Ivanov V. M., Semenova N. N., Kalmykov A. P. Helminths in the Volga delta ecosystem. Vol. 1: Trematodes. Astrakhan: Volga, 2012; 254. (In Russ.)
8. Izyumova N. A. Parasite fauna of fishes in reservoirs of the USSR and formation ways. L.: Nauka (Science), 1977; 284. (In Russ.)
9. Kudryavtseva T. M. Detection of opisthorchides in cyprinids within St. Petersburg. «Sostoyaniye i puti razvitiya akvakul'tury v Rossiyskoy Federatsii»: materialy IV natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii = "Status and development paths of aquaculture in the Russian Federation": proceedings from the IV National Scientific and Practical Conference. Saratov: Amirit, 2019; 154-157. (In Russ.)
10. Nesis K. N. Zoogeographic position of the Mediterranean Sea. In: *Marine biogeography.* M.: Nauka (Science), 1982; 270-299. (In Russ.)
11. Novak A. I. Fish infections in water bodies with different ecological conditions. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology.* 2010; 2: 6-10. (In Russ.)
12. Novak A. I., Zhavoronkova N. V., Berestova A. N. Indicating value of fish parasites for assessing environmental conditions of water bodies in the Ryazan Region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Tomsk State University.* 2013; 18 (4): 1274-1278. (In Russ.)

13. Molodozhnikova N. M., Zhokhov A. E. Taxonomic parasite diversity in the pisciform and fishes in the Volga basin. III. Aspidogasters (Aspidogastrea) and trematodes (Trematoda). *Parazitologiya = Parasitology*. 2007; 41 (1): 28-54. (In Russ.)
14. Identification guide of freshwater fish parasites in the USSR fauna. Vol. 3. *Parasitic metazoans*, P. 2. L.: Nauka (Science), 1987; 583. (In Russ.)
15. Petrova V. V. Ecological and faunistic studies of fish parasites in the Sheksna Reach of the Rybinsk Reservoir. *Trudy Tsentra parazitologii. T. XLIX: Fauna i ekologiya parazitov = Proceedings of the Center of Parasitology. Vol. XLIX: Fauna and ecology of parasites*. M.: KMK Association of Scientific Publications, 2016; 99-100. (In Russ.)
16. Petukhov A. N. Changes in the species diversity of fish parasites in the Gorky reservoir. *Vestnik KGU im. N. A. Nekrasova = Bulletin of the Kostroma State University named after N. A. Nekrasov*. Kostroma, 2003; 2: 116-121. (In Russ.)
17. Romanova N. N., Golovina N. A., Vishtorskaya A. A., Golovin P. P. Parasite fauna of cyprinids and perches in the Moscow Canal reservoirs. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (3): 32-47. (In Russ.) doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-3-32-47
18. Rumyantsev E. A. Fish parasites as ecological indicators of the lake typology and development. *Nauka i mir = Science and World*. Volgograd, 2014; 1. 2 (6): 126-128. (In Russ.)
19. Semenova N. N., Ivanov V. P., Ivanov V. M. Parasite fauna and diseases of fishes from the Caspian Sea: Monograph. Astrakhan: ASTU Publishing House, 2007; 558. (In Russ.)
20. Sudarikov V. E., Shigin A. A., Kurochkin Yu. V., Lomakin V. V., Stenko R. P., Yurlova N. I. Trematode metacercariae as parasites of freshwater hydrobionts in Russia. M.: Nauka (Science), 2002; 1: 298. (In Russ.)
21. Technical Regulations of the Eurasian Economic Union "On safety of fish and fish products" (EAEU TR 040/2016).
22. Shigin A. A. Trematodes of the fauna in Russia and adjacent regions: the genus *Diplostomum*. Marita. Russian Academy of Sciences, Institute of Parasitology. M.: Nauka (Science), 1993; 206. (In Russ.)
23. Bakiev A., Kirillov A., Mebert K. Diet and Parasitic Helminths of Dice Snakes from the Volga Basin, Russia. *Mertensiella*. 2011; 18: 325-329.
24. Preston D. L., Orlofske S. A., Lambden J. P., Johnson P. T. J. Biomass and productivity of trematode parasites in pond ecosystems. *Journal of Animal Ecology*. 2013; 82: 509-517.
25. Shikano Sh., Kanaya G., Yurlova N. I., Rastyazhenko N. M., Urabe M. Integrating parasites into a lake food web. *Tohoku University CNEAS 20th anniversary international symposium*. Japan, Sendai. 2015; 94.

The article was submitted 01.04.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Romanova Natalia N., Branch for the freshwater fisheries of the FSBSI VNIRO, the All-Russian Scientific Research Institute of Freshwater Fisheries ("VNIIPRKh") (Rybnoe Village, Dmitrovsky District, Moscow Region, 141821), Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0003-3154-7132, lab.ihtiotap@mail.ru

Golovina Nina A., Dmitrov Fisheries Technological Institute (Branch of the Astrakhan State Technical University, FSBEI HE) (Rybnoe Village, Dmitrovsky District, Moscow Region, 141821), Russia, Dr. Sc. Biol., Professor, ORCID ID: 0000-0002-3137-5425, kafvba@mail.ru

Vishtorskaya Antonina A., Branch for the freshwater fisheries of the FSBSI VNIRO, the All-Russian Scientific Research Institute of Freshwater Fisheries ("VNIIPRKh") (Rybnoe Village, Dmitrovsky District, Moscow Region, 141821), Russian Federation, vishtorskaya_aa@vniiprh.ru

Golovin Pavel P., Branch for the freshwater fisheries of the FSBSI VNIRO, the All-Russian Scientific Research Institute of Freshwater Fisheries ("VNIIPRKh") (Rybnoe Village, Dmitrovsky District, Moscow Region, 141821), Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-9362-5610, golovin_pavel@mail.ru

Contribution of co-authors:

Romanova Natalia N. – obtained data analysis, manuscript text writing.

Golovina Nina A. – research design development, manuscript text writing.

Vishtorskaya Antonina A. – publication review on the topic of the article, obtained data analysis and presentation.

Golovin Pavel P. – obtaining data for analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 576.895.1:599.742.4:591.53

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-43-56>

Особенности гельминтофауны Mustelidae Полистовского государственного заповедника и факторы её формирования

Илья Николаевич Цветков¹, Ксения Николаевна Цветкова²,
Николай Павлович Кораблёв³

¹⁻³ Государственный природный заповедник «Полистовский», Великие Луки, Россия

¹⁻³ Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, Великие Луки, Россия

¹ Tsvetkov-iliya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1682-7366>

² tsvetkova-ksenya@yandex.ru

³ cranlab@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9936-7819>

Аннотация

Цель исследований – изучить видовой состав гельминтов представителей семейства куньих с учётом биотопических и трофических факторов на территории Полистовского государственного заповедника.

Материалы и методы. Исследованы фекалии *Mustela putorius*, *Neovison vison*, *Lutra lutra*, *Martes martes*. Яйца гельминтов обнаруживали с помощью методов копроовоскопии. Фекалии исследовали методами гельминтоовоскопии. Для обнаружения в фекалиях яиц нематод использовали метод флотации с сахарным раствором по Фореиту, для обнаружения яиц трематод и цестод применяли метод последовательных промываний. Половозрелые нематоды рода *Eucoleus* получены от лесной куницы по методу Б. В. Ромашова. Видовую диагностику яиц гельминтов проводили по определителям, монографическим и другим работам. Морфометрическое исследование яиц осуществляли в компьютерной программе Screen Meter с точностью до 0,001 мм. Окончательную диагностику проводили путем сравнения яиц из фекалий хищников и яиц от половозрелых гельминтов. Для изучения трофического фактора формирования гельминтофауны исследовали состав фекалий.

Результаты и обсуждение. У изученных куньих паразитируют нематоды *Eucoleus sp.*, *Eucoleus aerophilus*, *Capillaria putorii* и трематоды *Isthmiophora melis*, *Opisthorchiidae sp.* Яйца гельминтов обнаружены в 42,3% проб. Встречаемость яиц гельминтов в фекалиях лесного хоря и американской норки (60,5%) преобладает над таковой у выдры (30,5%). Стенобионтность, стенофагия и морфофизиология определяют низкую заражённость выдры в сравнении с норкой и хорём. В хвойно-мелколиственном лесу гельминтофауна более богатая, чем на болоте. Циркуляция гельминтов в условиях верхового болота ограничена. Невозможно дифференцировать яйца *E. aerophilus* и *E. trophimenkovi* по ранее предложенному индексу формы из-за высокой индивидуальной изменчивости яиц. Верховое болото, как специфический биотоп, снижает биоразнообразие гельминтов.

Ключевые слова: куньи, гельминты, фауна

Благодарности. Работа выполнена в рамках реализации темы НИР ФГБУ «Государственный заповедник «Полистовский» ФОИВ 1-22-66-5.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Цветков И. Н., Цветкова К. Н., Кораблёв Н. П. Особенности гельминтофауны Mustelidae Полистовского государственного заповедника и факторы её формирования // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 43–56.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-43-56>

© Цветков И. Н., Цветкова К. Н., Кораблёв Н. П., 2023



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

Original article

Special features of helminth fauna of Mustelidae in the Polistovsky National Nature Reserve and development factors

Ilya N. Tsvetkov¹, Ksenia N. Tsvetkova², Nikolai P. Korablev³

^{1,2,3} Polistovsky National Nature Reserve, Velikiye Luki, Russia

^{1,2,3} Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russia

¹ Tsvetkov-iliya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1682-7366>

² tsvetkova-ksenya@yandex.ru

³ cranlab@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9936-7819>

Abstract

The purpose of the research is to study the species composition of helminths of the Mustelidae family taking into account biotopic and trophic factors in the Polistovsky National Nature Reserve.

Materials and methods. Faeces of *Mustela putorius*, *Neovison vison*, *Lutra lutra* and *Martes martes* were studied to determine a helminth fauna composition in the Mustelidae family and the factors affecting its development. Helminth eggs were detected using coproovoscopy. For detection of nematode eggs in the feces, the Forate sugar solution flotation method was used; for detection of trematode and cestode eggs, the successive washing method was used. Sexually mature nematodes of the genus *Eucoleus* were obtained from the pine marten by the method of B. V. Romashov. Species diagnostics of helminth eggs was carried out according to determinants, monographic and other works. The morphometric study of eggs was carried out using the Screen Meter computer program with an accuracy of 0.001 mm. The final diagnostics was carried out by comparing eggs from the faeces of predators and eggs from mature helminths. To study the trophic factor in helminth fauna development, the faeces composition was studied.

Results and discussion. The studied mustelids were infected by nematodes *Eucoleus sp.*, *Eucoleus aerophilus* and *Capillaria putorii*, and trematodes *Isthmiophora melis* and *Opisthorchiidae sp.* Helminth eggs were found in 42.3% samples. The helminth eggs prevail in the material from the polecat and American mink (60.5%) over that from the otter (30.5%). Stenobionts, stenophagy and morphophysiology determine a low infection rate in the otter versus the mink and polecat. Mixed coniferous-small-leaved forest shows a richer list of helminths than the marsh. The obtained data evidences limited helminth circulation in high moor. It is not possible to differentiate eggs of *E. aerophilus* and *E. trophimenkovi* according to the previously proposed shape index due to the high individual variability of eggs. High moor as a specific biotope reduces biodiversity including helminths.

Keywords: marten, helminths, fauna

Acknowledgements. The study was performed within the implemented research activity of the Federal State Budgetary Institution "Polistovsky National Nature Reserve" FOIV 1-22-66-5.

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

There is no conflict of interests.

For citation: Tsvetkov I. N., Tsvetkova K. N., Korablev N. P. Special features of helminth fauna of Mustelidae in the Polistovsky National Nature Reserve and development factors. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):43–56. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-43-56>

© Tsvetkov I. N., Tsvetkova K. N., Korablev N. P., 2023

Введение

Специфика заповедного дела предполагает не только охрану, но и изучение биоразнообразия охраняемой территории [21]. Паразитические организмы – неотъемлемые

компоненты естественных экосистем [5] и значительную долю в их таксономическом составе представляют гельминты. В этой связи изучение гельминтофауны – важная задача в рамках исследования биоразнообразия особо

охраняемых природных территорий (ООПТ). Отряд хищные (Carnivora) – значимая и информативная в паразитологическом отношении группа млекопитающих, поскольку представители отряда замыкают трофические цепи в различных экосистемах, имеют сложные и многочисленные гельминтофаунистические комплексы [1, 6, 16].

Семейство куньих характеризуется заметной экологической гетерогенностью. Его представители, населяющие европейскую часть России, ведут разнотипный образ жизни: полуводный – *Lutra lutra*, околородный – *Mustela lutreola*, околородный с элементами синантропности – *Neovison vison*, сухопутно-околородный с элементами синантропности – *M. putorius*, сухопутный – *M. nivalis*, *M. erminea*, *Martes foina*, *Martes martes*, наземно-подземный – *Meles meles* [6, 19, 23].

Паразитологическое исследование куньих в контексте их экологического разнообразия позволяет получать полноценные данные о таксономическом составе паразитов, оценивать влияние биотопических факторов конкретной территории на специфику локальной паразитофауны семейства, определять роль куньих в циркуляции гельминтов на конкретной территории. Анализ спектра питания даёт возможность определять влияние трофического фактора на формирование паразитофауны животных в заданных условиях. Именно трофическая составляющая экологии куньих преобладает в формировании их гельминтофауны [8].

Подобные исследования регулярно организуются на различных ООПТ [3, 4, 7, 14]. В Полистовском заповеднике паразитологические исследования ранее не проводились, фауна и экология паразитических червей куньих не изучена.

Цель работы – изучить видовой состав гельминтов представителей семейства куньих с учётом биотопических и трофических факторов на территории Полистовского государственного заповедника.

Материалы и методы

Государственный природный заповедник «Полистовский» расположен в восточной части Псковской области и включает западную составляющую Полистово-Ловатской болотной системы, находящейся на водоразделе рек

Полисть и Ловать. Территория относится к природной зоне хвойно-широколиственных лесов. Заповедник занимает территории двух административных районов Псковской области: Локнянского и Бежаницкого. Общая площадь составляет 55 116 га. Большая часть заповедника занята крупным болотным массивом с отдельными минеральными островами, на окраинах обычны переходные болота и леса (рис. 1) [9]. Антропогенное преобразование слабое [9]. Климат территории заповедника умеренно-континентальный с микроклиматическими болотными особенностями [29].

Проведён сбор фекалий *M. martes*, *M. putorius*, *N. vison* и *L. lutra*, обитающих на территории заповедного ядра, в охранной зоне ГПЗ «Полистовский» и в непосредственной близости от неё (рис. 1). Материал собирали с 03.06.2018 по 24.09.20 гг. с весны по осень.

С апреля по май и с октября по ноябрь травостой редкий, уровень воды, особенно в летние месяцы, невысокий, что облегчает поиск материала вдоль водоёмов и водотоков. Фекалии помещали в герметичные индивидуальные пакеты и замораживали при температуре -20 °С. Каждой пробе присваивали порядковый номер. Координаты находки фекалий определяли с помощью GPS-навигатора, в полевом дневнике описывали характеристику местности. Сбор проводили вдоль русел рек Хлавица, Осьянка и Цевла, по берегам болотных озёр Русское, Межницкое, Кокарево, Долгое, а также на восточном и юго-восточном берегах озера Полисто. Помёт собирали с ветровальных стволов, камней и пней. Видовую принадлежность фекалий определяли по характерному виду и составу, по следам, оставленным животными возле них и с учётом биотопических особенностей местности. Всего исследовано 142 пробы фекалий.

Материал от американской, европейской норки, а также чёрного хоря объединены в группу «норки – чёрный хорь» (*Mustela-Neovison*, MN) по причине сложности идентификации животных в полевых условиях по фекалиям.

Фекалии исследовали методами гельминтооскопии. Для обнаружения в фекалиях яиц нематод использовали метод флотации с сахарным раствором по Фореиту [35], для обнаружения яиц трематод и цестод применяли метод последовательных промываний.

Половозрелые нематоды рода *Eucoleus* получены от лесной куницы ($n = 10$) по методу Б. В. Ромашова [36].

Видовую диагностику яиц гельминтов проводили по определителям, монографическим и другим работам [27, 32–35]. Морфометрическое исследование яиц осуществляли в компьютерной программе Screen Meter с точностью до 0,001 мм. Окончательную диагностику проводили путем сравнения яиц из фекалий хищников и яиц от половозрелых гельминтов. Индекс формы яиц определяли по формуле:

$$V = \frac{D}{L} \times 100,$$

где D – малая ось яйца; L – большая ось яйца [36].

Для оценки фаунистического сходства гельминтофауны исследованных биотопов применяли индекс Жаккара:

$$Cj = \frac{j}{a+b-j},$$

где j – число общих видов гельминтов у хозяев (хозяина); a – число общих видов на участке A ; b – число видов на участке B [11].

Для обнаружения останков животных в образцах фекалий материал изучали по методам, описанным Нумеровым и др. [12] и Сидорович [18]. Видовую принадлежность останков мелких млекопитающих и пресмыкающихся проводили по определителям и монографическим работам [13, 28], а также с помощью сравнения образцов из фекалий и эталонных образцов от тушек мелких млекопитающих, добытых на отловах в Полистовском заповеднике. Чешую рыбы определяли по монографическим работам [2, 22]. Насекомых идентифицировали по электронному определителю, разработанному энтомологами Зоологического института РАН.

Диагностические и микроморфологические исследования яиц гельминтов проведены на световом микроскопе «Микромед-3» при увеличении 100×, 400×. Останки исследованы с помощью светового микроскопа «Микромед-3» и стереоскопа МБС-9. Статистические расчёты для промеров яиц нематод рода *Eucoleus*, коэффициент вариации (CV), минимальные, максимальные и средние значения, среднеквадратичное отклонение, определение равенства между выборками по критерию Стьюдента (t) и p -критерий для определения

достоверности гипотез, проведены в программе Statistica 12.0.

Изображения изучаемых объектов получали при помощи цифровой камеры «Future Optics» MD-130.

Результаты

По результатам копроовоскопических исследований, обнаруженные яйца гельминтов отнесены к трём категориям: яйца кунных, транзитные и неклассифицированные. Первая категория представлена двумя систематическими группами – Nematoda и Trematoda. Из трематод обнаружены *Isthmiophora melis*, *Opisthorchiidae* sp., из нематод – *Eucoleus aerophilus*, *Capillaria putorii*, *Eucoleus* sp. Из второй категории идентифицированы два вида яиц трематод семейства Schistosomatidae, из третьей – *Trematoda* sp., *Strongyloides* sp.

Яйца гельминтов кунных обнаружены в 46 пробах из 142 (32,4%). Яйца одного вида обнаружены в 24,6%, двух видов и более – в 8,4% проб.

В 95 изученных пробах фекалий группы норки-чёрный хорь пропативные стадии гельминтов обнаружены в 65,2% проб: *I. melis* в 26,3% проб, *E. aerophilus* – 11,6%, *C. putorii* – 14,7%, *Opisthorchiidae* sp. – 12,6%. Одновременно в пробах фекалий встречались: *E. aerophilus* + *C. putorii* в трех пробах (7,8%); *I. melis* + *E. aerophilus* + *C. putorii* в двух пробах (5,2%); *I. melis* + *C. putorii* в одной пробе (2,6%) и вариант *I. melis* + *C. putorii* + *Opisthorchiidae* sp. обнаружен в одной пробе (2,6%).

Анализ 36 проб фекалий от речной выдры выявил яйца гельминтов в 30,5% проб: *I. melis* в 11%, *Eucoleus* sp. – 5,5%, *C. putorii* – 5,5%, *Opisthorchiidae* sp. – 16,6%. Симультанно находили *Eucoleus* sp. + *Opisthorchiidae* sp. в одной пробе (2,7%), *Eucoleus* sp. + *C. putorii* в одной пробе (2,7%), *I. melis* + *C. putorii* + *Opisthorchiidae* sp. в одной пробе (2,7%).

У куницы зарегистрирован только *Eucoleus* sp. в одной пробе из 5.

Анализ состава фекалий околотовных кунных выявил в материале останки рыб, мелких млекопитающих, насекомых и пресмыкающихся. В образцах с болотных озёр Русское, Межницкое, Кокарево, Долгое и Круглое (верховое болото) следы присутствия рыбы обнаружены в 14 пробах из 48 (29%), мелких млекопитающих в 6 пробах (12,5%), насекомых в

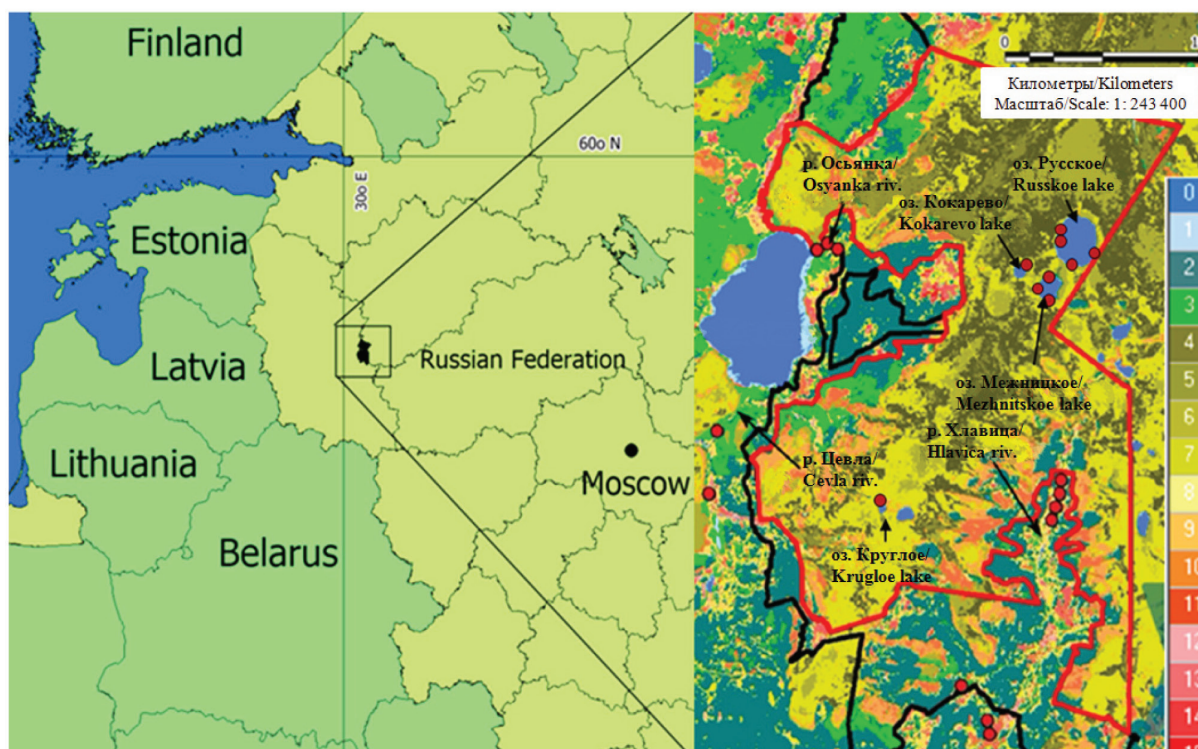


Рис. 1. Карта района сбора материала

Слева – карта-схема с типологией экосистем. Сплошной красной линией показана граница заповедника, чёрной линией – граница охранной зоны. Красными точками отмечены места сбора материала. Под цифрами указаны: 0 – вода; 1 – прибрежная зона; 2 – хвойные леса; 3 – лиственные леса; 4 – сосна по болоту; 5 – топяное болото; 6 – верховое болото; 7 – верховое высокое болото; 8 – кустарники; 9 – сухие луга высокопродуктивные; 10 – луга с весенним переувлажнением; 11 – сухие луга со средней продукцией; 12 – залежи; 13 – пашни; 14 – населенные пункты; 15 – огороды

[Fig 1. Map of the collection area

On the left is a schematic map of ecosystem typology. The solid red line shows the border of the reserve, the black line – the border of the protected zone. The places where the material was collected are marked with red dots.

The numbers indicate: 0 – water; 1 – coastal zone; 2 – coniferous forests; 3 – deciduous forests; 4 – pine in the swamp; 5 – bog swamp; 6 – raised swamp; 7 – raised high swamp; 8 – shrubs; 9 – dry meadows are highly productive; 10 – meadows with spring waterlogging; 11 – dry meadows with average production; 12 – fallow lands; 13 – arable land; 14 – settlements; 15 – vegetable gardens]

5 образцах (10%). Одновременно в фекалиях встречались останки рыб и насекомых в 6%. В материале с реки Осьянка останки рыб обнаружены в 6 пробах из 16 (37%), мелких млекопитающих в 6 пробах (37%), насекомых в 2 образцах (12%). Симультанно в образцах встречались останки млекопитающих и насекомых в одной пробе (6%), в 2 пробах рыб и насекомых (12%). Пресмыкающиеся обнаружены только в одной пробе фекалий с верхового болота, что не позволяет включить рептилий в сравнительный анализ.

Таксономический список пищевых объектов кунных включает *Perciformes*, *Sorex* sp.,

Lacerta sp., *Dytiscidae* sp., *Myodes glareolus*, *Microtus oeconomus*, *Apodemus agrarius*.

Обсуждение

Обнаруженные виды паразитических червей типичны для гельминтофауны кунных Европейско-Сибирской подобласти Голарктики. Наблюдаемое распределение гельминтов по группам хозяев характерно для исследованных кунных. У выдры невысокая по сравнению с группой MN встречаемость яиц гельминтов в фекалиях. Низкой оказалась у выдры также встречаемость определённых видов гельминтов. При этом яйца паразитов, заражающих

дефинитивного хозяина через земноводных (трематода *I. melis*) и рыб (трематода *I. melis*, *Opisthorchiidae* sp.), встречаются у выдры чаще, чем яйца гельминтов, реализующих жизненный цикл без участия водных позвоночных. Последний факт объясняется стенобионтностью выдры и специализацией её питания. Группа MN демонстрирует более высокие в сравнении с выдрой показатели встречаемости яиц гельминтов в выборке материала.

Встречаемость каждого отдельного вида паразитических червей также оказалась выше. В отличие от выдры, все виды гельминтов встречались у этой группы кунных примерно с одинаковой частотой. Для последней группы не характерна жёсткая биотопическая приуроченность и стенофагия, что в значительной степени влияет на состав гельминтов выдры. Однако В. Л. Контримавичус указывал, что отличия гельминтофауны выдры от других ку-

ных в большей степени связаны с физиологическими особенностями этого животного, с чем мы согласны [8].

В фекалиях кунных обнаружены яйца, относящиеся к трематодам семейства *Shistosomatidae* (рис. 2). В литературе описана возможность паразитирования данных трематод у мустелид [8]. Однако, маловероятно, что обнаруженные яйца принадлежат кровяным сосальщикам собственно кунных, и их следует отнести к шистосоматидам водоплавающих птиц. По всей видимости, данные яйца транзитные и попали в желудочно-кишечный тракт кунных вследствие питания водоплавающими птицами. Примечательно, что яйца данных трематод встречались только у группы MN. По данным литературы, хищные из этой группы активнее добывают водоплавающую птицу, чем речная выдра и лесная куница [6, 19, 23].

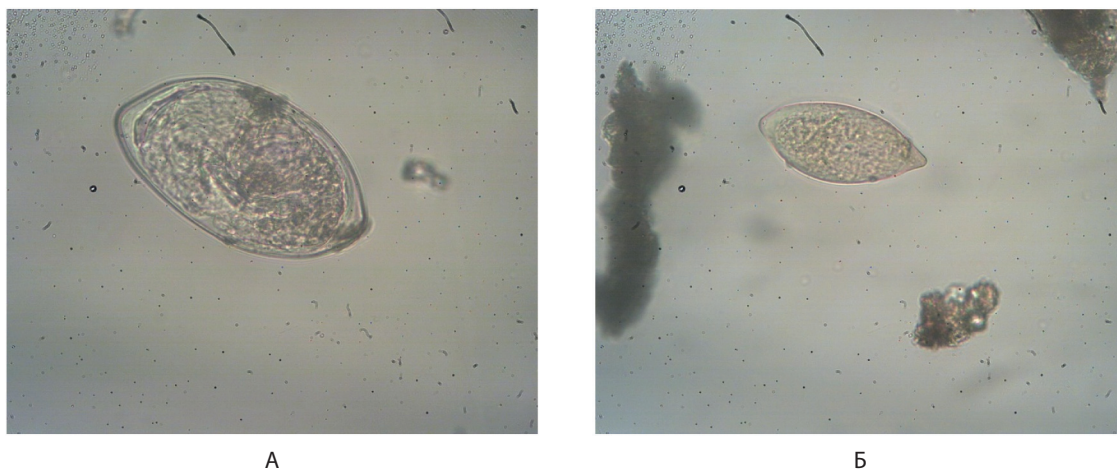


Рис. 2. Яйцо *Schistosomatidae* sp. Норки – чёрный хорь (увел. $\times 400$, фото – И. Н. Цветков). Размеры: А – $0,140 \times 0,079$ мм; Б – $0,089 \times 0,040$ мм
[Fig. 2. *Schistosomatidae* sp. egg. Mink-polecat (magnification $\times 400$, photo – I. N. Tsvetkov). Parameters: А – $0,140 \times 0,079$ mm; Б – $0,089 \times 0,040$ mm]

В результатах нами указаны отдельно *E. aerophilus* в группе MN, *Eucoleus* sp. в группе выдра и *Eucoleus* sp. у лесной куницы. У куницы, группы MN, и выдры, по всей видимости, паразитируют разные виды рода *Eucoleus*. Так, *E. aerophilus* встречается у американской норки, хоря и куницы, а у речной выдры – *E. schvalovoj*. Данные о распространении последнего вида фрагментарны. *E. schvalovoj* зарегистрирован на Дальнем востоке (Хабаровский край) [8] и в Юго-Восточной Европе [38]. Однако, Torres et al. на основе специального

исследования *E. schvalovoj* пришли к выводу, что распространение данной нематоды более широкое, а редкое упоминание в литературе этого вида связано с трудностями его обнаружения у хозяина [39].

Исходя из вышеизложенного, предполагаем, что яйца, обнаруженные в фекалиях выдры, и определённые нами как *Eucoleus* sp., вероятно, принадлежат *E. schvalovoj*.

У лесной куницы паразитируют два вида рода *Eucoleus*: *E. aerophilus* и *E. trophimenkovi*.

Автор последнего вида, Б. В. Ромашов, указывает, что яйца *E. aerophilus* и *E. trophimenkovi* весьма схожи в качественных признаках, по которым проводят видовую диагностику яиц капилляриидного типа [36, 37]. Яйца обоих видов имеют мелкосетчатый рисунок на поверхности оболочки, а у яиц *E. aerophilus* автор обнаружил многочисленные микроуглубления. Общая форма яиц также имеет сходства. Б. В. Ромашовым предложен способ дифференциации яиц рода *Eucoleus* по индексам формы: у *E. aerophilus* этот показатель приравнивается к 56.4 (округлая форма), у *E. trophimenkovi* – к 43.7 (удлинённая форма).

В нашем исследовании, проведённом на половозрелых самках обоих видов, удалось получить только среднее значение индекса формы, близкое к указанному выше. У *E. trophimenkovi* и *E. aerophilus* получены индексы формы, равные соответственно $45,69 \pm 3,77$ (36,23-51,66), CV = 9,12 (n = 30) и $48,59 \pm 3,27$ (43,47-53,44), CV = 6,73 (n = 13). У отдельно взятых яиц не удалось выделить индексы формы яиц столь же чётко. В каждой самке имелись яйца совершенно разной формы.

Среднее значение длины яиц *E. trophimenkovi* составило $0,064 \pm 0,002$ (0,06-0,069), CV = 3,74, ширины – $0,03 \pm 0,001$ (0,025-0,032), CV = 5,24. У *E. aerophilus* эти показатели соответственно равнялись $0,067 \pm 0,004$ (0,058-0,072), CV = 6,1; $0,032 \pm 0,03$ (0,03-0,035), CV = 4,26.

При невысоком значении коэффициента вариации длины и ширины яиц, значения индекса формы у данных капилляриид сильно отклоняются от установленного Б. В. Ромашовым. Такие же результаты получены и по дискретно взятым яйцам, выделенным из самок, чтобы исключить сжимающее воздействие стенок матки на форму яиц (рис. 3, 4). Однако, в фекалиях яйца встречаются по отдельности, от разных особей. В таких условиях вероятность объективной оценки среднего значения индекса формы исключена. Считаем, что невозможно отличить яйца нематод рода *Eucoleus* по индексам формы. Пока не будет найден более достоверный метод дифференцирования обсуждаемых объектов, яйца рода *Eucoleus*, обнаруженные в фекалиях лесной куницы, по нашему мнению, следует определять как *Eucoleus* sp.

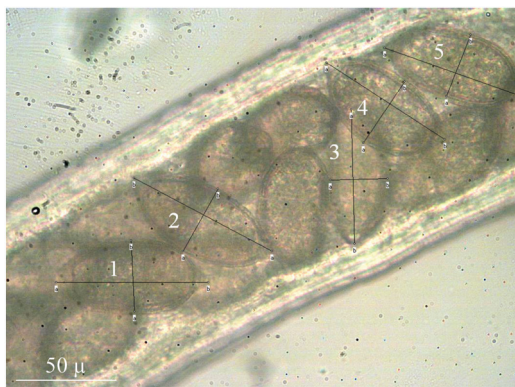


Рис. 3. Яйца, расположенные в медиальном отделе матки половозрелой самки *Eucoleus aerophilus*: индексы формы: 1 – 45,71; 2 – 44,44; 3 – 42,62; 4 – 52,30; 5 – 45,45 (увел. $\times 400$). Отрезками показаны большая и малая оси яиц. Фото – И. Н. Цветков)

[Fig. 3. Eggs located in the medial uterus of a mature female *Eucoleus aerophilus*: form indices: 1 – 45.71; 2 – 44.44; 3 – 42.62; 4 – 52.30; 5 – 45.45 (magnification $\times 400$. The segments shows the major and minor axes of the eggs. Photo - I. N. Tsvetkov)]

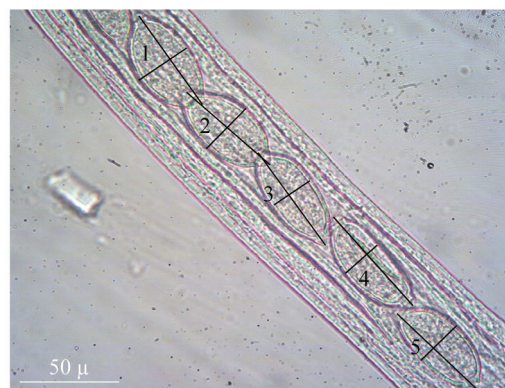


Рис. 4. Яйца, расположенные в дистальном отделе матки половозрелой самки *Eucoleus trophimenkovi*: индексы формы: 1 – 50; 2 – 49,23; 3 – 41,79; 4 – 36,23; 5 – 42,18. (увел. $\times 400$). Фото – И. Н. Цветков)

[Fig. 4. Eggs located in the distal uterus of a mature female *Eucoleus trophimenkovi*: form indices: 1 – 50; 2 – 49.23; 3 – 41.79; 4 – 36.23; 5 – 42.18 (magnification $\times 400$. Photo – I. N. Tsvetkov)]

В копрологическом материале обнаружены яйца нематод рода *Strongyloides*. Однако,

в данном случае не исключена контаминация фекалий яйцами сапрофитных генераций

этих нематод, что не позволяет нам отнести данную находку к паразитам кунных.

Отмечен разный состав гельминтов кунных в исследованных биотопах (табл. 1). Индекс фаунистического сходства составляет 0,33. В материале с рек, текущих через смешанные леса, зарегистрировано значительно больше видов паразитических червей, чем в материале с верхового болота. Реализация биологических циклов гельминтов в условиях верхового болота значительно затруднена.

Внутриболотные озёра Полистовского заповедника относятся к дистрофному типу [24]. В таких озёрах наблюдается резкое обеднение видового состава биоты, в том числе промежуточных хозяев трематод. В болотных озёрах заповедника обитают только два вида рыб: окунь и щука [29]. Отсутствие рыб семейства карповых исключает циркуляцию описторхий. Окунь может служить вторым промежуточным хозяином для *I. melis* [10]. Однако, дистрофные озёра, по-видимому, непригодны для жизни первого промежуточного хозяина этих трематод – моллюска *Lymnaea stagnalis* [17], хотя имеются сведения о способности этого моллюска выживать в закислённой воде [25]. Также отмечено, что паразитофауна рыб дистрофных водоёмов отличается случайным характером. Например, паразиты окуня, типичные для него в одном водоёме, могут полностью отсутствовать в другом [17].

Жизненные циклы нематод рода *Eucoleus* и *S. putorii* изучены недостаточно [30, 31, 34, 40, 41]. Точно неизвестно каким образом этими нематодами заражаются животные, для которых нетипично питание дождевыми червями, служащими резервуарными хозяевами для данных капилляриид. В связи с этим считаем, что наиболее вероятный способ заражения кунных нематодами *E. aerophilus* и *S. putorii* прямой. *E. aerophilus* обнаружен в обоих биотопах. В материале из смешанного леса яйца *E. aerophilus* зарегистрированы в 16 пробах из 94, а в пробах с верхового болота – в 5 из 48. Различия между выборками достоверные ($t = 3,73$; $P < 0,05$), что указывает на значительное преобладание *E. aerophilus* в смешанном лесу.

Учитывая схожесть циклов развития обсуждаемых нематод, отсутствие *S. putorii* и низкую встречаемость *E. aerophilus* на верховом болоте, предполагаем, что циркуляция этих капилляриид в условиях верхового бо-

лота ограничена. В биотопах такого типа наблюдается кислая реакция почвы и воды, их невысокая прогреваемость, низкий уровень содержания растворённого кислорода [15]. Эти факторы замедляют или останавливают развитие яиц гельминтов в окружающей среде [26]. Особи, заражённые *E. aerophilus*, вероятно, инвазированы вне болотного массива.

Исходя из вышеизложенных данных, условия верхового болота для циркуляции гельминтов можно оценить как неблагоприятные. Это справедливо как в отношении геогельминтов (*E. aerophilus*, *S. putorii*) так и биогельминтов (*I. melis*, *Opisthorchiidae* sp.). Несмотря на то, что развитие последних связано с паразитированием в промежуточных хозяевах, они тесно связаны с внешней средой на стадии яйца и свободноживущих личинок. Как замечено выше, среда болота отрицательно влияет на развитие свободноживущих стадий гельминтов. Второй неблагоприятный фактор для реализации гельминтами жизненного цикла – низкое биоразнообразие промежуточных хозяев на верховом болоте (табл.).

Активность кунных в добыче рыбы в обоих биотопах сопоставима ($t = 1,14$; $P > 0,05$), при этом на верховом болоте этот компонент преобладает в рационе. Последнее обусловлено большей доступностью рыбы в болотной экосистеме для кунных в сравнении с мелкими млекопитающими, разнообразие которых на болотах невелико. Встречаемость останков мелких млекопитающих в материале с реки Осьянка и болотных озёр достоверно различается ($t = 2,27$; $P < 0,05$); куньи интенсивнее потребляют микромаммалий в районах рек. Это связано с наличием смешанных лесов по её берегам, характеризующихся более высоким биоразнообразием в сравнении с болотной экосистемой, в том числе и многообразием мелких млекопитающих и их высокой численностью [20]. Последнее подтверждается составом останков в фекалиях: в материале с болотных озёр обнаружены останки двух видов млекопитающих: насекомоядных рода *Sorex* и *M. oeconomus* с территории смешанного леса – четыре: буроzubки рода *Sorex*, *M. oeconomus*, *A. agrarius* и *M. glareolus* (рис. 5). Вследствие низкого видового разнообразия мелких млекопитающих на болотах куньи оказывают повышенное давление на популяции буроzubок и полёвки экономки. В лесной экосистеме экс-

Таблица [Table]

Распределение видов гельминтов по биотопам Полистовского заповедника
 [Distribution of helminth species in the biotopes of the Polistovsky Reserve]

Вид гельминтов [Species of helminth]	Хвойно-мелколиственный лес (реки Осьянка, Хлавица) [Coniferous-small-leaved forest (Osyanka, Khlavitsa rivers)]	Верховое болото (озёра Русское, Меж- ницкое, Кокарево, Долгое, Круглое, минеральный остров Волчий [Upper bog (Russkoe, Mezhnitskoe, Kokarevo, Dolgoe, Krugloye lakes, mineral island Volchy)]
<i>I. melis</i>	+	-
<i>E. aerophilus</i>	+	+
<i>C. putorii</i>	+	-
<i>Opisthorchiidae</i> sp.	+	-
<i>Eucoleus</i> sp.	-	+

Примечание. [Note]. Знаком «+» показано наличие вида в биотопе, «-» – отсутствие.
 [The «+» sign indicates the presence of the species in the biotope, «-» – absence]

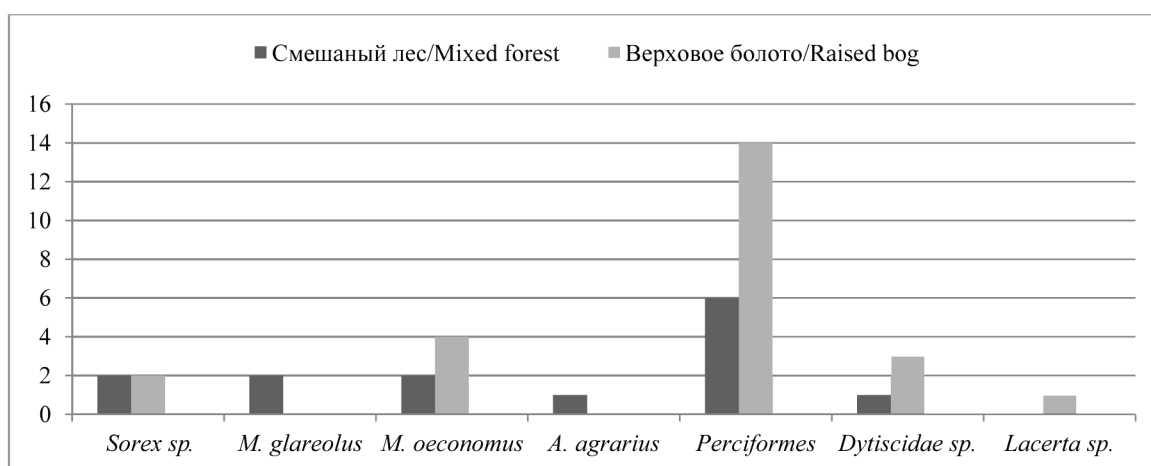


Рис. 5. Таксономический состав жертв околководных куньих (по оси ординат показано число проб, в которых обнаружены останки жертв)

[Fig. 5. Taxonomic composition of prey of near-water mustelids (the ordinate axis shows the number of samples in which the remains of the victims were found)]

плуатация куньими мелких млекопитающих проявляется более равномерно за счёт многообразия последних. Встречаемость фрагментов насекомых в материале из каждого биотопа невысока. Однако, различия статистически достоверны ($t = 2,53; P < 0,05$), на болоте куньи чаще питаются насекомыми.

Основу рациона куньих в каждом из биотопов Полистовского заповедника составляет рыба, второй по значимости корм – мелкие млекопитающие. Значение насекомых в питании куньих на болотах можно рассматривать как компенсацию низкого видового разнообразия микромаммалий, отсутствия предпочитаемых видов добычи. Роль во-

дных насекомых в смешанном лесу в питании околководных куньих, по-видимому, минимальна.

Исходя из установленного списка пищевых объектов, можно проанализировать влияние питания на состав фауны гельминтов куньих на территории заповедника. Установлено, что куньи активно питаются рыбой в обсуждаемых биотопах. На болоте этот компонент рациона не зарегистрирован как источник инвазии. Напротив, в условиях смешанного леса куньи заражаются через рыбу трематодами семейства *Opisthorchiidae* sp. и *I. melis*. Мелкие млекопитающие – второй по значимости корм для околководных куньих на обсужда-

емой территории. Они служат источником заражения кунных трематодой *Alaria alata*, *mezocerc*, нематодами рода *Trichinella*, цестодами рода *Taenia*. Среди последних кунным передаётся *Taenia martis* через обнаруженных нами в рационе кунных грызунов *M. glareolus*, *M. oeconomus*, и насекомоядных рода *Sorex*; *T. hidatigena* – через *M. glareolus*; *T. mustelae* – через *M. oeconomus*. Возможно, через микромаммалий куньи могут заражаться нематодами *Filaroides martis* и видами рода *Skrjabinogylus* [31].

В целом, обнаруженные различия в потреблении кунными мелких млекопитающих на верховом болоте и смешанном лесу, не могут значительно влиять на сегрегацию гельминтоценозов мустелид в данных биотопах. То же относится к водным жесткокрылым, через которых не происходит инвазирование кунных гельминтами.

Заключение

На территории Полистовского заповедника у исследуемых групп кунных паразитируют типичные для семейства гельминты: трематоды *I. melis*, *Opisthorchiidae* sp.; нематоды *E. aerophilus*, *C. putorii* и потенциально *E. shvalovoi*, *E. trophomenkovi*. У выдры, как стенофага, чаще встречались гельминты, передающиеся через гидробионты. У группы, в которую входит чёрный хорь и достаточно пластичная в экологическом отношении американская норка, все гельминты встречались с одинаковой частотой.

Прослеживается влияние биотопических особенностей местности на состав и распределение гельминтов кунных. В смешанном лесу список видов гельминтов разнообразнее, чем на верховом болоте, что связано с разными условиями для циркуляции паразитов. Наличие в ареале болотного биотопа, вероятно, снижает общую инвазированность кунных гельминтами.

Основа питания кунных на территории Полистовского заповедника – рыба. Второй по значимости компонент питания – мелкие млекопитающие. Дополнительный источник питания кунных – водные жесткокрылые, важность которых в рационе на верховом болоте повышается в качестве замещающего корма ввиду небольшой численности и низкого видового разнообразия микромаммалий. В рационе ку-

нных на территории заповедника ведущий источник заражения гельминтами – рыба.

Список источников

1. Анисимова Е. И., Субботин А. М., Шамович Д. И. Гельминтозы диких хищных млекопитающих и ветеринарно санитарные мероприятия по их профилактике // «Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства»: международная научно-практическая конференция. 2007. С. 15-16.
2. Бурдак В. Д. Функциональная морфология чешуйного покрова рыб. Киев: Наукова Думка, 1979. 164 с.
3. Вавилова О. В., Кораблёв Н. П., Волков Н. О., Огурицов С. С. Гельминтофауна крупных хищников района Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника // Вестник Тверского государственного университета. Серия: биология и экология. 2015. № 4. С. 40-47.
4. Власов Е. А., Власов Е. А., Малышева Н. С., Вагин Н. А., Самофалова Н. А., Самойловская Н. А., Малахова Е. И., Горохов В. В. Гельминты хищных млекопитающих Центрально-черноземного заповедника // Фауна, морфология и систематика паразитов. 2014. № 3. С. 7-11.
5. Глухов В. В., Крюков В. Ю., Мартемьянов В. В., Юрлова Н. И. Многоликий мир паразитов // Наука в России. М., 2013. № 4. С. 12-22.
6. Данилов П. И. Новые виды млекопитающих на Европейском Севере России. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 308 с.
7. Данилов П. И. Охотничьи звери Карелии: экология, ресурсы, управление, охрана. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. 388 с.
8. Есаулова Н. В., Найдено С. В., Лукаревский В. С., Эрнандес-Бланко Х.А., Сорокин П. А., Литвинов М. Н., Котляр А. К., Рожнов В. В. Паразитофауна хищных млекопитающих Уссурийского заповедника // Фауна, морфология и систематика паразитов. 2010. № 4. С. 22-28.
9. Контримавичус В. Л. Гельминтофауна кунных и пути её формирования. М.: Наука, 1969. 132 с.
10. Мартынова М. И., Яблоков М. С., Шипкова Г. В., Михайлова Е. А. Современные природные комплексы окраинных лесов Полистово-Ловатского болотного массива // Известия ВУЗов Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 2. С. 127-130.
11. Мошу А. Гельминты рыб водоёмов Днестровско-Прутского междуречья, потенциально

- опасные для здоровья человека / Международная ассоциация хранителей реки. Кишинэу: Эсо-TIRAS, 2014. 88 с.
12. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992. 182 с.
 13. Нумеров А. Д., Климов А. С., Труфанова Е. И. Полевые исследования наземных позвоночных: учеб. пособие. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. 301 с.
 14. Павлинов И. Я. Звери России: справочник определитель. Часть 1. Насекомоядные, Рукокрылые, Зайцеобразные, Грызуны. М.: Т-во научных изданий, 2019. 340 с.
 15. Пенькевич В. А., Субботин А. М. Паразитоценоз млекопитающих Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Ученые записки Витебской Государственной академии ветеринарной медицины. Витебск, 2009. № 1. С. 199-202.
 16. Потапова Т. М., Марков М. Л., Задонская О. В. Установление гидрохимического фона верховых болот различных регионов России для обоснования нормативов допустимого воздействия на болота // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65. № 3. С. 455-467.
 17. Ромашов Б. В., Рогов М. В., Никулин П. И., Фофанова Е. Н., Ромашова Н. Б., Галюзина Н. А. Гельминтофауна диких плотоядных Воронежской области // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научной конференции. 2013. № 14. С. 313-317.
 18. Румянцев Е. А. К изучению влияния дистрофикации озер на фауну паразитов рыб // Паразитология. 1999. Т. 33. № 1. С. 70-74.
 19. Сидорович А. А. Методология исследования позвоночных хищников: изучение питания: учеб. метод. пособие. Минск: БГУ, 2014. 88 с.
 20. Сидорович В. Е. Куньи в Беларуси. Минск: Золотой улей, 1997. 263 с.
 21. Ситникова Е. Ф., Мишта А. В. Млекопитающие заповедника «Брянский лес» // Флора и фауна заповедников. Позвоночные животные заповедника «Брянский лес». 2008. С. 50-84
 22. Соколов В. Е., Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д., Шадрин Г. Д. Экология заповедных территорий России. М.: Янус-К, 1997. 576 с.
 23. Стерлигова О. П. Методы определения возраста рыб и его практическое значение: учебное пособие. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. 57 с.
 24. Туманов И. Л. Биологические особенности хищных млекопитающих России. СПб.: Наука, 2003. 448 с.
 25. Черевичко А. В. Зоопланктон озер Полистовского заповедника // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2009. № 3. С. 132-137.
 26. Шахрани М., Сидоров А. В. Антиоксидантная система защиты в пищеварительной железе (печени) моллюска *Lymnaea stagnalis* в условиях хронического закисления среды обитания // Труды Белорусского государственного университета. 2016. Т. 11. С. 127-132.
 27. Шульц Р. С., Гвоздев Е. В. Основы общей гельминтологии. М.: Наука, 1972. Т. II. 513 с.
 28. Шуляк Б. Ф., Архипов И. А. Нематодозы собак (зоонозы и зооантропонозы). М., 2010. 495 с.
 29. Яблоков А. В. Прыткая ящерица. Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. 376 с.
 30. Яблоков М. С., Шемякина О. А., Черевичко А. В. Государственный природный заповедник «Полистовский» крупнейшая охраняемая территория Псковской области // Псковский региональный журнал. 2006. № 3. С. 72-80.
 31. Al-Sabi M. N. S., Kapel C. M. O. First report of *Eucoleus boehmi* in red foxes (*Vulpis vulpis*) in Denmark, based on coprological examination. Acta Parasitologica. 2013; 58 (4): 570-576. doi: 10.2478/s11686-013-0182-2
 32. Anderson R. C. Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission. 2th edition. Wallingford., Oxon. CAB International. 2000; 650.
 33. Baker B. G. Flynn's parasites of laboratory animals. Second edition. Blackwell Publishing. 2007; 813.
 34. Blagburn L. Byron, Dryden W. Michael Pfizer atlas of veterinary clinical parasitology. Pfizer. 1999; 45.
 35. Bowman D. D. Georgis' Parasitology for Veterinarians. 10th edition. Elsevier. 2014; 477.
 36. Foreyt J. W. Veterinary parasitology: reference manual. Fifth edition. Wiley-Blackwell. 2002; 235.
 37. Romashov B. V. Three capillariid species (Nematoda, Capillariidae) of carnivores (Carnivora) and discussion of system and evolution of the nematode family capillariidae. 1. Redescription of *Eucoleus aerophilus* and *E. boehmi*. Zoologicheskij zhurnal. 2000; 79 (12): 1379-1391.
 38. Romashov B. V. Three capillariid species (Nematoda, Capillariidae) from carnivores (Carnivora) and discussion of system and evolution of the nematode family capillariidae. 2. *Eucoleus trophimenkovi* sp. n., from the marten *Martes martes* and discussion of system and evolution of the nematode family

- capillariidae. Zoologicheskii zhurnal. 2001; 80 (2): 145-154.
39. Torres J., Feliu C., Fernandez-Moran J., Ruiz-Olmo J., Rosoux R., Santos-Reis M., Miquel J., Fons R. Helminth parasites of the Eurasian otter *Lutra lutra* in southwest Europe. Journal of Helminthology. 2004; 78. 353-359. doi: 10.1079/JOH2004253.
40. Torres J., Miquel J. and Feliu C. Redescription of *Eucoleus schvalovoj* (Nematoda: Capillariidae), an oesophageal parasite of the Eurasian otter, *Lutra lutra*, in Spain. Folia Parasitologica. 1999; 46. 285-288.
41. Traversa D., Angela Di C., Gary C. Canine and feline cardiopulmonary parasitic nematodes in Europe: emerging and underestimated. Parasites & Vectors. 2010; 3: 62. doi: 10.1186/1756-3305-3-62.
42. Zajac A. M., Conoby G. A. Veterinary clinical parasitology, 8th edition. Wiley-Blackwell Publication. 2011; 354.

Статья поступила в редакцию 15.05.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Цветков Илья Николаевич, Полистовский государственный природный заповедник (182840, п. Бежаницы, ул. Советская, 9), научный сотрудник; Великолукская государственная сельскохозяйственная академия (182112, г. Великие Луки, проспект Ленина, 2), Россия, преподаватель, ORCID ID: 0000-0002-1682-7366, Tsvetkov-iliya@yandex.ru

Цветкова Ксения Николаевна, Полистовский государственный природный заповедник (182840, п. Бежаницы, ул. Советская, 9), научный сотрудник; Великолукская государственная сельскохозяйственная академия (182112, г. Великие Луки, проспект Ленина, 2), Россия, преподаватель, tsvetkova-ksenya@yandex.ru

Кораблёв Николай Павлович, Полистовский государственный природный заповедник (182840, Россия, п. Бежаницы, ул. Советская, 9), доктор биологических наук; Великолукская государственная сельскохозяйственная академия (182112, г. Великие Луки, Россия, проспект Ленина, 2), профессор, ORCID ID: 0000-0002-9936-7819, cranlab@gmail.com

Вклад соавторов:

Цветков Илья Николаевич – сбор и исследование материала, анализ данных, обзор публикаций по теме статьи, написание рукописи.

Цветкова Ксения Николаевна – сбор и исследование материала, подготовка текста рукописи.

Кораблёв Николай Павлович – руководство процессом работы, разработка дизайна рукописи, анализ данных.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Anisimova E. I., Subbotin A. M., Shamovich D. I. Helminth infections of wild carnivores, and veterinary and sanitary prevention measures. «Sovremennyye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva»: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya = "Current issues of natural resource management, hunting and fur farming": International Scientific and Practical Conference. 2007; 15-16. (In Russ.)
- Burdak V. D. Functional morphology of the fish scale covering. Kyiv, Naukova Dumka, 1979; 164.
- Vavilova O. V., Korablev N. P., Volkov N. O., Ogurtsov S. S. Helminth fauna of large predators in the area of the Central Forest State Natural Biosphere Reserve. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: biologiya i ekologiya = Bulletin of the Tver State University. Series: Biology and Ecology. 2015; 4: 40-47. (In Russ.)
- Vlasov E. A., Vlasov E. A., Malysheva N. S., Vagin N. A., Samofalova N. A., Samoilovskaya N. A., Malakhova E. I., Gorokhov V. V. Helminths of carnivores in the Central Black Earth Nature Reserve. Fauna, morfologiya i sistematika parazitov = Parasite fauna, morphology and taxonomy. 2014; 3: 7-11. (In Russ.)
- Glupov V. V., Kryukov V. Yu., Martemyanov V. V., Yurlova N. I., The diverse world of parasites. Nauka v Rossii = Science in Russia. M., 2013; 4: 12-22. (In Russ.)
- Danilov P. I. New mammalian species in the European North of Russia. Petrozavodsk, Karelian Research Center of the RAS, 2009; 308. (In Russ.)
- Danilov P. I. Game animals from Karelia: ecology, resources, management, and protection. Petrozavodsk, Karelian Research Center of the RAS, 2017; 388. (In Russ.)
- Esaulova N. V., Naidenko S. V., Lukarevsky V. S., Hernandez-Blanco J. A., Sorokin P. A., Litvinov M. N., Kotlyar A. K., Rozhnov V. V. Parasite fauna of carnivores in the Ussuriysky Nature Reserve. Fauna, morfologiya i sistematika parazitov = Parasite fauna, morphology and taxonomy. 2010; 4: 22-28. (In Russ.)

9. Kontrimavichus V. L. Helminth fauna of mustelids and ways of its development. Moscow, Nauka, 1969; 132. (In Russ.)
10. Martynova M. I., Yablokov M. S., Shipkova G. V., Mikhailova E. A. Modern natural complexes of edge forests of the Polistovo-Lovatsky bog system. *Izvestiya VUZov Severo-Kavkazskiy region. Yestestvennyye nauki = Proceedings of universities in the North Caucasus region. Natural Sciences.* 2010; 2: 127-130. (In Russ.)
11. Moshu A. Fish-borne helminths in the reservoirs of the Dniester-Prut interfluvium that are potentially dangerous to human health / International Association of River Keepers. Chisinau, Eso-TIRAS, 2014; 88.
12. Magarran E. Ecological diversity and its measurement. Moscow, 1992; 182. (In Russ.)
13. Numerov A. D., Klimov A. S., Trufanova E. I. Field studies of terrestrial vertebrates: study guide. Voronezh, Publishing and Printing Center of the Voronezh State University, 2010; 301. (In Russ.)
14. Pavlinov I. Ya. Animals in Russia: Identification Guide. Part 1. Insectivores, Chiropterans, Lagomorphs, and Rodents. Moscow, Tovarichestvo nauchnykh izdaniy (Association of scientific publications), 2019; 340. (In Russ.)
15. Penkevich V. A., Subbotin A. M. Mammalian parasite cenosis in the Polesye State Radiation and Ecological Reserve. *Uchenyye zapiski Vitebskoy Gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny = Proceedings of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine.* Vitebsk, 2009; 1: 199-202. (In Russ.)
16. Potapova T. M., Markov M. L., Zadonskaya O. V. Determining the hydrochemical background of high moors in various Russian regions to justify the standards for admissible impact on marshes. *Bulletin of the St. Petersburg University. Earth Sciences.* 2020; 65 (3): 455-467. (In Russ.)
17. Romashov B. V., Rogov M. V., Nikulin P. I., Fofonova E. N., Romashova N. B., Galyuzina N. A. Helminth fauna of wild carnivores in the Voronezh Region. «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of parasitic disease control": the Scientific Conference proceedings. 2013; 14: 313-317. (In Russ.)
18. Rumyantsev E. A. The study of lake dystrophication effects on fish-borne parasite fauna. *Parasitology.* 1999; 33 (1): 70-74. (In Russ.)
19. Sidorovich A. A. Study methodology of vertebrate predators: nutrition study: a study guide. Minsk, Belarusian State University, 2014; 88. (In Russ.)
20. Sidorovich V. E. Mustelidae in Belarus. Minsk, Zolotoy Uley (Golden Hive), 1997; 263. (In Russ.)
21. Sitnikova E. F., Mishta A. V. Mammals in the Bryansk Forest Nature Reserve. Flora and fauna of the reserves. *Vertebrates in the Bryansk Forest Nature Reserve.* 2008; 50-84. (In Russ.)
22. Sokolov V. E., Filonov K. P., Nukhimovskaya Yu. D., Shadrina G. D. Ecology of protected areas in Russia. Moscow, Yanus-K, 1997; 576. (In Russ.)
23. Sterligova O. P. Methods for determining the fish age and its practical significance. Study Guide. Petrozavodsk, Karelian Research Center of the RAS, 2016; 57. (In Russ.)
24. Tumanov I. L. Biological features of carnivores in Russia. St. Petersburg, Nauka (Science), 2003; 448. (In Russ.)
25. Cherevichko A. V. Zooplankton in the Polistovsky Nature Reserve lakes. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii = Samarskaya Luka: regional and global ecological issues.* 2009; 3: 132-137. (In Russ.)
26. Shakhmani M., Sidorov A. V. Antioxidant defense system in the digestive glands (liver) of the mollusk *Lymnaea stagnalis* under conditions of chronic environment acidification. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Belarusian State University.* 2016; 11: 127-132. (In Russ.)
27. Shults R. S., Gvozdev E. V. Fundamentals of general helminthology. Moscow, Nauka (Science), 1972; II. 513. (In Russ.)
28. Shulyak B. F., Arkhipov I. A. Canine nematodes (zoonoses and zooanthroposes). Moscow, 2010; 495. (In Russ.)
29. Yablokov A. V. Sand lizard. Monographic species description. Moscow, Nauka (Science), 1976; 376. (In Russ.)
30. Yablokov M. S., Shemyakina O. A., Cherevichko A. V. Polistovsky National Nature Reserve, the largest protected area in the Pskov Region. *Pskovskiy regionologicheskiy zhurnal = Pskov Journal of Regional Studies.* 2006; 3: 72-80. (In Russ.)
31. Al-Sabi M. N. S., Kapel C. M. O. First report of *Eucoleus boehmi* in red foxes (*Vulpes vulpes*) in Denmark, based on coprological examination. *Acta Parasitologica.* 2013; 58 (4): 570-576. doi: 10.2478/s11686-013-0182-2
32. Anderson R. C. Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission. 2th edition. Wallingford., Oxon. CAB International. 2000; 650.
33. Baker B. G. Flynn's parasites of laboratory animals. Second edition. Blackwell Publishing. 2007; 813.

34. Blagburn L. Byron, Dryden W. Michael Pfizer atlas of veterinary clinical parasitology. Pfizer, 1999; 45.
35. Bowman D. D. Georgis' Parasitology for Veterinarians. 10th edition. Elsevier, 2014; 477.
36. Foreyt J. W. Veterinary parasitology: reference manual. Fifth edition. Wiley-Blackwell, 2002; 235.
37. Romashov B. V. Three capillariid species (Nematoda, Capillariidae) of carnivores (Carnivora) and discussion of system and evolution of the nematode family capillariidae. 1. Redescription of *Eucoleus aerophilus* and *E. boehmi*. *Zoologicheskij zhurnal*. 2000; 79 (12): 1379-1391.
38. Romashov B. V. Three capillariid species (Nematoda, Capillariidae) from carnivores (Carnivora) and discussion of system and evolution of the nematode family capillariidae. 2. *Eucoleus trophimenkovi* sp. n., from the marten *Martes martes* and discussion of system and evolution of the nematode family capillariidae. *Zoologicheskij zhurnal*. 2001; 80 (2): 145-154.
39. Torres J., Feliu C., Fernandez-Moran J., Ruiz-lmo J., Rosoux R., Santos-Reis M., Miquel J., Fons R. Helminth parasites of the Eurasian otter *Lutra lutra* in southwest Europe. *Journal of Helminthology*. 2004; 78. 353-359. doi: 10.1079/JOH2004253.
40. Torres J., Miquel J. and Feliu C. Redescription of *Eucoleus schvalovoj* (Nematoda: Capillariidae), an oesophageal parasite of the Eurasian otter, *Lutra lutra*, in Spain. *Folia Parasitologica*. 1999; 46. 285-288.
41. Traversa D., Angela Di C., Gary C. Canine and feline cardiopulmonary parasitic nematodes in Europe: emerging and underestimated. *Parasites & Vectors*. 2010; 3: 62. doi: 10.1186/1756-3305-3-62.
42. Zajac A. M., Conoby G. A. Veterinary clinical parasitology, 8th edition. Wiley-Blackwell Publication. 2011; 354.

The article was submitted 15.05.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Tsvetkov Ilya N., Polistovsky National Nature Reserve (9 Sovetskaya Str., Bezhanitsy, 182840), Researcher; Velikie Luki State Agricultural Academy (2 Lenina Prospekt, Velikiye Luki, 182112), Russian Federation, Lecturer, ORCID ID: 0000-0002-1682-7366, Tsvetkov-iliya@yandex.ru

Tsvetkova Ksenia N., Polistovsky National Nature Reserve (9 Sovetskaya Str., Bezhanitsy, 182840), Researcher; Velikie Luki State Agricultural Academy (2 Lenina Prospekt, Velikiye Luki, 182112), Russian Federation, Lecturer, tsvetkova-ksenya@yandex.ru

Korablev Nikolai P., Polistovsky National Nature Reserve (9 Sovetskaya Str., Bezhanitsy, 182840), Dr. Sc. Biol.; Velikie Luki State Agricultural Academy (2 Lenina Prospekt, Velikiye Luki, 182112), Professor, ORCID ID: 0000-0002-9936-7819, cranlab@gmail.com

Contribution of co-authors:

Tsvetkov Ilya N. – material collection and research, data analysis, review of publications on the subject of the article, manuscript writing.

Tsvetkova Ksenia N. – material collection and research, manuscript text preparation.

Korablev Nikolai P. – study process management, manuscript design development, data analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 576.893.194

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-57-73>

Микоспоридии рода *Kudoa* (локализация в организме рыб, форма спор и пути их попадания во внешнюю среду и в новых хозяев)

Виолетта Михайловна Юрахно¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

¹ viola_taurica@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0571-6716>

Аннотация

Цель исследований – изучить локализацию микоспоридий рода *Kudoa* Meglitsch, 1947 в организме рыб и возможные пути освоения ими органов и тканей в процессе эволюции, связанную с локализацией формы спор, а также пути их выхода в окружающую среду и попадания в новых хозяев.

Материалы и методы. В основу работы положены собственные материалы по микоспоридиям рыб Чёрного, Азовского и Средиземного морей, а также Атлантического, Индийского и Тихого океанов, собранные в 1987–2021 гг. Всего нами исследовано более 12000 экз. рыб более чем 100 видов. Также проанализированы описания 126 видов микоспоридий рода *Kudoa*, известные в мировой научной литературе до 2021 г. включительно. Для этого проработано 450 отечественных и зарубежных работ. Материал собирали методом неполных паразитологических вскрытий. Сделанные из тканей мазки обрабатывали по общепринятой методике с изготовлением постоянных препаратов. Все промеры выполнены по стандартной методике. Для оценки численности паразитов использованы стандартные показатели: экстенсивность и интенсивность инвазии.

Результаты и обсуждение. Всего нами исследовано 19 видов микоспоридий рода *Kudoa* и 8 – *Kudoa* spp. Шесть видов (*K. stellula*, *K. niluferi*, *K. anatolica* из Черного моря, *K. unicapsula* из Средиземного моря, *K. borimiri* и *K. igori* из Южно-Китайского (или Восточного) моря) оказались новыми для науки. Нами установлено 24 места паразитирования микоспоридий данного рода в организме рыб. 83 вида (66%, или 2/3 видов) встречается в мышцах, иногда поражая (8 видов) и другие ткани и органы хозяина. 43 вида (34%, или 1/3 видов) представителей рода *Kudoa* никогда не встречается в мышечной ткани. Первичными местами паразитирования микоспоридий рода *Kudoa* были, вероятно, стенка кишечника и желчный пузырь, далее паразиты осваивали другие внутренние органы рыб и, в конечном итоге, – мозговую и мышечную ткани. Обозначены предположительные пути попадания спор во внешнюю среду и в новых хозяев. Предположено, что наиболее древними формами являются двустворчатые *Kudoa*, паразитирующие в желчном пузыре, четырехстворчатые *Kudoa* необычной формы, напоминающей представителей других родов и паразитирующие, главным образом, во внутренних органах, а также четырехстворчатые *Kudoa* с классической квадратной формой спор, округлыми вершинами створок, с четырьмя равными полярными капсулами и наиболее мелкими размерами. Споры с заостренной звездчатой формой (исключительно мышечные формы) и споры с пятью и более створками и полярными капсулами (встречающиеся в мышцах и мозге и имеющие большие размеры) следует считать возникшими в более позднее время. Выделены пути попадания спор в окружающую среду и в новых хозяев.

Ключевые слова: Мухоспорея, *Kudoa*, локализация, пути эволюции, форма спор, варианты распространения

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ им. А. О. Ковалевского РАН № 121030100028-0 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана».

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Юрахно В. М. Микоспоридии рода *Kudoa* (локализация в организме рыб, форма спор и пути их попадания во внешнюю среду и в новых хозяев) // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 57–73.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-57-73>

© Юрахно В. 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

Myxosporeans of the genus *Kudoa* (localization in the fish body, the form of spores and ways of their entry into the environment and into new hosts)

Violetta M. Yurakhno¹

¹ A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

¹ viola_taurica@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0571-6716>

Abstract

The purpose of the research is to study the localization of myxosporeans of the genus *Kudoa* Meglitsch, 1947 in body fish and possible ways for them to master organs and tissues in the process of evolution, the form of spores associated with localization, as well as the ways of their release into the environment and getting into new hosts.

Materials and methods. The work is based on our own materials on fish myxosporeans from the Black, Azov and Mediterranean seas, as well as the Atlantic, Indian and Pacific oceans, collected in 1987–2021. In total, we have studied more than 12,000 sp. more than 100 species of fish. We also analyzed descriptions of 126 species of myxosporeans of the genus *Kudoa*, known in the world scientific literature until 2021 inclusive. For this, 450 domestic and foreign works have been worked out. The material was collected by the method of incomplete parasitological dissections. Smears made from tissues were processed according to the generally accepted method with the manufacture of permanent preparations. All measurements were made according to the standard method. To assess the number of parasites, standard indicators were used: the extensiveness and intensity of infection.

Results and discussion. In total, we studied 19 species of myxosporeans of the genus *Kudoa* and 8 species of *Kudoa* spp. Six species (*K. stellula*, *K. niluferi*, *K. anatolica* from the Black Sea, *K. unicasula* from the Mediterranean Sea, *K. borimiri* and *K. igori* from the South China (or East) Sea) were new to science. We have established 24 places of parasitism of myxosporeans of this genus in the body of fish. 83 species (66%, or 2/3 species) are found in muscles, sometimes affecting (8 species) other tissues and organs of the host. 43 species (34%, or 1/3 species) of representatives of the genus *Kudoa* are never found in muscle tissue. The primary sites of parasitism of myxosporeans of the genus *Kudoa* were probably the intestinal wall and gallbladder, then the parasites mastered other internal organs of fish and, ultimately, brain and muscle. The hypothetical ways of getting spores into the external environment and into new hosts are indicated. It is assumed that the most ancient forms are bivalve *Kudoa*, parasitizing in the gallbladder, four-valve *Kudoa* of an unusual shape, resembling representatives of other genera and parasitizing mainly in internal organs, as well as four-valve *Kudoa* with a classical square spore shape, rounded valve tops, with four equal polar capsules and the smallest sizes. Spores with a pointed stellate shape (only muscular forms) and spores with five or more valves and polar capsules (occurring in muscle and brain and having a larger size) should be considered to have arisen at a later time. The ways of getting spores into the environment and into new hosts are highlighted.

Keywords: Myxosporeans, *Kudoa*, localization, evolutionary paths, spore form, distribution variants

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state task of the FGBUN FRC InByuM. A. O. Kovalevsky RAS No. 121030100028-0 "Regularities of formation and anthropogenic transformation of biodiversity and bioresources of the Azov-Black Sea basin and other regions of the World Ocean".

Financial Disclosure: the author has no financial interest in submitted materials or methods.

There is no conflict of interests.

For citation: Yurakhno V. M. Myxosporeans of the genus *Kudoa* (localization in the fish body, the form of spores and ways of their entry into the environment and into new hosts). *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17(1): 57–73. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-57-73>

© Yurakhno V. M., 2023

Введение

Изучение паразитов рода *Kudoa* имеет большой теоретический интерес в свете новых данных, доказавших участие в качестве окончательного хозяина олигохет, полихет и сипункулид в жизненном цикле некоторых видов миксоспоридий, отнесения этих паразитов, ранее считавшихся простейшими, к примитивным многоклеточным животным, новых находок миксоспоридий в головоногих моллюсках (осьминоге) [22], насекомых (жуке) [8] и теплокровных животных (кроте и утке) [9, 15]. Большие изменения претерпела и систематика сем. *Kudoidae*, когда на основе молекулярно-генетических данных было доказано, что к этому семейству относятся виды, споры которых имеют не только 4, а от 2 до 15 створок и полярных капсул [12, 21].

Исследование миксоспоридий рода *Kudoa* имеет и важное практическое значение. Эти паразиты могут портить товарной вид рыбной продукции, гидролитически разжижая мускулатуру рыб или придавая ей вид червивости за счет образования в мышечной ткани многочисленных цист. В этих случаях целые партии товара выбраковываются и утилизируются. Кроме того, *Kudoa* могут быть возбудителями заболеваний – кудоозисов, приводящих к ослаблению и даже смерти рыб, что особенно часто наблюдается в марикультуре, где паразиты могут вести себя «агрессивно» и поражать многие органы и ткани хозяев, резко расширяя их круг и усиливая заражение в дикой природе.

Стирание границы естественного ареала *Kudoa* при перемещениях посадочного материала по планете и заражение аборигенных видов при выращивании рыбы в садках, помещенных в естественные водоемы, также представляет существенную проблему [13, 20].

Таким образом, изучение паразитов рода *Kudoa* является не только интересным, но и актуальным. В данной работе мы решили рассмотреть вопросы особенностей локализации данных миксоспоридий, пути освоения ими различных мест паразитирования в рыбах, связанную с локализацией форму спор паразитов и пути их попадания во внешнюю среду и в новых хозяев.

Материалы и методы

В основу работы положены собственные материалы по миксоспоридиям рыб Чёрно-

го, Азовского и Средиземного морей, а также Атлантического, Индийского и Тихого океанов, собранные в 1987–2021 гг. Всего нами исследовано более 12000 экз. рыб более чем 100 видов. Также проанализированы все доступные литературные данные по 126 видам миксоспоридий рода *Kudoa* (450 отечественных и зарубежных источников). Материал собирали методом неполных паразитологических вскрытий [1]. Первоначально псевдоцисты искали визуально. Если они не были найдены, то расплющенные компрессорным методом куски мышц просматривали под бинокуляром при увеличении $\times 15$ – 25 на предмет обнаружения мелких псевдоцист миксоспоридий. В случаях отсутствия последних делали слепые мазки из мышечной ткани, а также мазки из желчи и псевдоцист, найденных в мышцах или других местах локализации, которые исследовали на микроскопе Olympus CX41, оснащённом фотокамерой CX50 с программным обеспечением Infinity Analyze и фазовым контрастом, при увеличении $\times 1000$. Далее мазки обрабатывали по общепринятой методике с изготовлением постоянных препаратов [2]. Все промеры были выполнены по стандартной методике [18]. Для оценки численности паразитов использованы стандартные показатели: экстенсивность и интенсивность инвазии [11].

Результаты и обсуждение

В ходе исследования нами найдено 19 видов миксоспоридий рода *Kudoa* (*K. alliaria* Schulman and Kovaleva, in: Ковалёва, Шульман, Яковлев, 1979, *K. anatolica* Özer, Okay, Gürkanlı, Çiftçi and Yurakhno, 2018, *K. borimiri* Yurakhno, Slynko, Chinh, Ha, Whipps, 2022, *K. clupeidae* (Hahn, 1917), *K. dicentarchi* Sitja-Bobadilla and Alvarez-Pellitero, 1992, *K. histolytica* (Perard, 1928), *K. igori* Yurakhno, Slynko, Chinh, Ha, Whipps, 2022, *K. inornata* Dykova, Buron, Fiala and Roumillat, 2009, *K. mirabilis* Naidenova and Gaevskaya, 1991, *K. monodactyli* Gunter, Cribb, Whipps and Adlard, 2006, *K. niluferi* Özer, Okay, Gürkanlı, Çiftçi and Yurakhno, 2018, *K. nova* Naidenova, 1975, *K. paniformis* Kabata and Whitaker, 1981, *K. rosenbuschi* (Gelormini, 1943), *K. stellula* V. Yurakhno, 1991, *K. thyrsites* (Gilchrist, 1924), *K. trifolia* Holzer, Blasco-Costa, Sarabeev, Ovcharenko and Balbuena, 2006, *K. unicasula* Yurakhno, Ovcharenko, Holzer, Sarabeev and Balbuena, 2007, *K. whippsi* Burger

and Adlard, 2010) и 8 *Kudoa* spp. 6 видов (*K. stellula*, *K. niluferi*, *K. anatolica* из Черного моря, *K. unicusula* из Средиземного моря, *K. borimiri* и *K. igori* из Южно-Китайского (или Восточного) моря оказались новыми для науки.

С целью изучения локализации миксоспоридий рода *Kudoa* и связанной с ней формой спор всего проанализированы описания 126 видов миксоспоридий рода *Kudoa* Meglitsch, 1947, известные в мировой научной литературе до 2021 г. включительно.

Еще около тридцати лет назад было высказано мнение о том, что тканевая и органная специфичность остается забытым аспектом исследования миксоспоридий [19]. Это верно и в настоящее время, что удивительно, ибо особенности паразитирования миксоспоридий в различных органах и тканях хозяев имеют не только практический, но и теоретический интерес. В обеих монографиях С. С. Шульмана этот вопрос рассматривался в главе, посвященной эволюции и филогении данных паразитов [3, 4]. При этом подчеркивалось, что в процессе эволюции важное значение занимали морфофизиологические преобразования, которые происходили с плазмодиями и спорами миксоспоридий. А путями эволюции вегетативных форм являлись освоение наибольшего числа систематических групп и видов хозяев, а также захват разнообразных экологических ниш в их организме, что выразилось в паразитировании миксоспоридий во всех органах и тканях рыб.

Мы согласны с мнением С. С. Шульмана с соавт. [4], что первоначально миксоспоридии возникли в желчном пузыре морских видов рыб, о чем свидетельствуют: а) наличие в этом органе представителей рода *Sphaeromyxa* с самыми примитивными спорами, имеющими толстые створки и широкие лентовидные стрекательные нити, б) обитание в желчном пузыре паразитов рода *Seratomyxa* с наиболее примитивными вегетативными формами, в) большое разнообразие встречающихся в данном органе родов двустворчатых миксоспоридий (18), г) преобладание среди всех полостных форм обитателей именно желчного пузыря. При этом из 60 представителей отряда многостворчатых миксоспоридий, 59 из которых были известны на тот момент как тканевые формы, для желчного пузыря рыб была указан только один вид – *Trilospora californica*.

По современным представлениям в этом органе встречаются также 8 представителей рода *Kudoa* – *K. dicentrarchi*, *K. eugerres*, *K. haridasae*, *K. petala*, *K. pyramidalis*, *K. sagarica*, *K. tachysurrae* и *K. trifolia* [12, 14, 17].

Интересен и сложен вопрос о том, какими путями дальше шло освоение организма хозяина. По мнению С. С. Шульмана с соавт. [4], в далеком прошлом амeboидный зародыш, попавший в желчный пузырь, вероятно, внедрялся в его стенку и проникал в кровяное русло, разносясь по телу и оседая в органе, в котором паразит смог локализоваться. Первыми органами, в которые могли попасть миксоспоридии помимо желчного пузыря, считались мочевой пузырь, как среда, похожая на желчный пузырь по строению и питательности содержимого, затем мочеточники и мочевые каналы, а также почки, далее – жабры и другие органы. Слабое развитие или полное отсутствие мальпигиевых клубочков у морских рыб С. С. Шульман и др. считали причиной слабого развития тканевого паразитизма у морских рыб. Всех многостворчатых, за исключением полостных форм, он относил к внутриклеточным паразитам, имеющим чаще всего небольшие размеры спор. На тот период времени он указал *Kudoa eleotrizi* и *K. branchiata* в эпителии жабр, *K. cerebralis* в соединительно-тканной оболочке спинного и головного мозга, *K. tetraspora* в головном мозге, а почти все остальные известные виды *Kudoa* отнес к паразитам мышечной ткани.

Преобладание многостворчатых миксоспоридий в мышцах С. С. Шульман, З. С. Долец и А. А. Ковалева [4] связывали с тем, что внутриклеточное существование – это лимитирующий фактор для размеров и вегетативных форм, и спор паразитов, отчего представители отр. Multivalvulida предпочитают более крупные клетки мышечных волокон. При этом, по их данным, *Kudoa* лизируют мышечные фибриллы и некоторые другие элементы клеток (*K. quadratum*), либо еще и плазмолемму, причем плазмодии окружены соединительной тканью хозяина (*K. alliaria*, *K. clupeidae*, *K. nova*, *K. rosenbushi* и др.). У других видов (например, *K. kabatai*) наблюдается более сильное гидролизующее воздействие, причем частичному гистолиту подвергается окружающая псевдоцисту паразита мышечная ткань. В ряде случаев (при паразитировании *K. cruciformis*, *K. hystolitica*, *K. thyrsites*

и др.) при значительно более сильном гистологическом анализе соединительно-тканная капсула вокруг плазмодиев не образуется, а посмертному разжижению подвергается вся мышечная ткань рыбы. При этом споры *Kudoa* могут иметь большие размеры.

По мнению К. Молнара [19], развитие многих микроспоридий рода *Kudoa* идет по предложенному им *Muxobolus*-типу. При таком пути развития поражающая рыбу форма, по всей видимости, идентична спороплазме, выходящей из актиноспоридии (в случае ее участия в жизненном цикле, которое для *Kudoa*, по нашим сведениям, пока не доказано). Она проникает в эпителий, покрывающий тело рыбы, претерпевает там некоторое число делений, и затем перемещается к конечному месту колонизации по нервным путям или через поток крови. Инфекционная форма начинает развиваться в специфической клетке, типичной для данного вида, и образует относительно крупный плазмодий. Внутри плазмодия появляются вегетативные ядра и генеративные клетки: последние в большинстве случаев развиваются в панспоробласты.

Традиционно *Kudoa* ассоциируются с их локализацией в мышцах рыб. Однако, в последние годы стало ясно, что эти паразиты часто встречаются в различных внутренних органах, иногда на жабрах, коже, в глазах. Ранее нами установлено [6, 7], что 53 из 95 (56%) определенных до вида *Kudoa* паразитировали исключительно в мышечной ткани хозяев (8). 37 видов (39%) *Kudoa* никогда не встречались в мышцах рыб, локализуясь на жабрах, в пищеводе, кишечнике, пилорических придатках, печени, почках, мезентерии, яичниках, мочевом и желчном пузырях, сердце, мозгу или на поверхности тела. 5 видов (5%) были обнаружены как в мышцах, так и в различных внутренних органах хозяев. Из 34 *Kudoa* spp. 21 (62%) локализовался в мускулатуре рыб, один встречался как в мышцах, так и в других тканях и органах хозяина (3%), 12 (35%) паразитировали в мозгу, желчном пузыре, почках, пищеводе, мезентерии и брюшине, крови сердца и на жабрах. На настоящий момент известно, что 83 из 126 идентифицированных до вида микроспоридий рода *Kudoa* (66%) встречаются в мышцах рыб, причем 8 из них (10%) может паразитировать также и в других органах и тканях хозяев. 43 вида (34%) никогда не встречаются в мышечной ткани (табл. 1). Из

последних наибольшее число видов констатировано в кишечнике (12), мозге (11) и желчном пузыре (8). Несколько меньшее число видов известно для сердца (8), жабр (7), серозы (6), мезентерии (5), гонад (5), почек (4), плавательного пузыря (3), пилорических придатков, печени, селезенки, мочевого пузыря, кожи, плавников и глаз (по 2 вида, соответственно), рта, пищевода, желудка, поджелудочной железы, внутрочерепного жира и подкожного слоя (по одному виду соответственно). Всего микроспоридии рода *Kudoa* имеют 24 места паразитирования в организме хозяина.

При этом на примере паразитов мозга была обнаружена связь между морфологией спор и локализацией микроспоридий рода *Kudoa* [10]. Из 6 видов (*K. chaetodoni*, *K. lethrini*, *K. neurophila*, *K. paralichthys*, *K. tetraspora* и *K. yasunagai*) и одного *Kudoa* sp. (Langdon, 1990), поражающих мозг, 4 (*K. chaetodoni*, *K. lethrini*, *K. neurophila* и *K. yasunagai*) обладали множественными морфотипами с 5 и более створками и полярными капсулами, а 3 (*K. paralichthys*, *K. tetraspora* и *Kudoa* sp.) – одним морфотипом с 4 створками и полярными капсулами. По нашему анализу, согласно последним данным, из паразитов мозга множественными морфотипами также обладают *K. lemniscati* (7–8 створок и полярных капсул) и *K. prunusi* (5–6), а одним морфотипом с 4 створками и полярными капсулами – *K. cerebralis*, *K. iwatai* и *K. lutjanus*.

Микроспоридии рода *Kudoa* с 5 и более створками локализуются не только в мозге. 12 видов встречаются в мышечной ткани (*K. grammorcini*, *K. hexapunctata*, *K. igami*, *K. konishiae*, *K. monodactyli*, *K. muscularis*, *K. neothunni*, *K. permulticapsula*, *K. schulmani*, *K. scomberomori*, *K. thalassomi* и *K. septempunctata*), а один вид локализован на коже (*K. cutanea*). Из них множественными морфотипами обладают *K. igami* (6, реже 5 створок и полярных капсул), *K. monodactyli* (5, реже 4 и 6–10), *K. permulticapsula* (13, реже 14–15), *K. schulmani* (5, реже 4 и 6), *K. thalassomi* (6, реже 7) и *K. septempunctata* (7, реже 6 створок и полярных капсул). Остальные виды с 5 и более створками, локализацией которых служит не мозг, обладают одним морфотипом с 5 (*K. cutanea*, *K. muscularis*) и 6 (*K. grammorcini*, *K. hexapunctata*, *K. konishiae*, *K. neothunni*, *K. scomberomori*) створками и полярными капсулами. Большая изменчивость в числе створок и полярных

Таблица 1 [Table 1]

Локализация идентифицированных до вида микоспоридий рода *Kudoa* в различных органах и тканях рыб мировой фауны с указанием форм спор
 [Localization of the genus *Kudoa* myxosporeans identified to species in various organs and tissues of fish of the world fauna, indicating the shape of the spores]

Вид <i>Kudoa</i> [<i>Kudoa</i> sp.]	Органы и ткани рыб [Organs and tissues of fish]																								
	Мышцы [Muscles]	Сероза [Serosa]	Рот [Mouth]	Пищевод [Esophagus]	Желудок [Stomach]	Пилорические придатки [Pyloric appendages]	Кишечник [Intestines]	Желчный пузырь [Gallbladder]	Печень [Liver]	Портальная желва [Portal vein]	Селезенка [Spleen]	Плавательный пузырь [Swim bladder]	Мезентерий [Mesentery]	Тонкая кишка [Gonads]	Мочевой пузырь [Bladder]	Почки [Kidneys]	Сердце [Heart]	Мозг [Brain]	Внутричерепной жир [Intracranial fat]	Жабры [Gills]	Кожа [Skin]	Подкожный слой [subcutaneous layer]	Плавники [Fins]	Глаза [Eyes]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>K. aburakarei</i> ⁷	+																								
<i>K. acentrogobia</i> ⁵	+																								
<i>K. aegyptia</i> ⁵																	+								
<i>K. aequidens</i> ⁵	+																								
<i>K. akihitoi</i> ⁷	+																								
<i>K. alliaia</i> ⁵	+																								
<i>K. amamitensis</i> ⁵	+	+															+				+				
<i>K. anatolica</i> ⁵	+																								
<i>K. atropi</i> ⁵																				+					
<i>K. azevedoi</i> ⁵																									
<i>K. azoni</i> ⁵	+																								
<i>K. barracudai</i> ⁵	+																								
<i>K. bengalensis</i> ⁷	+																								
<i>K. boopsi</i> ⁵																									
<i>K. bora</i> ⁵	+																			+					
<i>K. branchiata</i> ⁵																									
<i>K. camarguensis</i> ⁵	+																								
<i>K. carcharhini</i> ⁵	+																								
<i>K. cascasia</i> ⁵																									
<i>K. caudata</i> ⁵	+																								
<i>K. cerebralis</i> ⁵																									+

Продолжение таблицы 1 [Continuation of the table 1]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>K. cheilodipteri</i> ⁷	+																							
<i>K. chikaensis</i> ⁵	+	+																						
<i>K. ciliatae</i> ⁵		+				+	+		+															
<i>K. clupeidae</i> ⁵	+																			+				
<i>K. coibori</i> ⁵							+																	
<i>K. cookii</i> ⁵							+																	
<i>K. crenimugilis</i> ⁵							+																	
<i>K. cruciformum</i> ⁷	+																							
<i>K. crumena</i> ⁵	+																							
<i>K. cutanea</i> ⁸																								
<i>K. cynoglossi</i> ⁷	+																							
<i>K. decaptera</i> ⁷	+																							
<i>K. diana</i> ⁵				+									+											
<i>K. dicentrarchi</i> ¹		+			+		+	+	+	+	+	+		+										
<i>K. eleotris</i> ⁵																				+				
<i>K. empreschichikoe</i> ⁷	+																							
<i>K. eugerres</i> ¹								+																
<i>K. fujitai</i> ⁵	+																							
<i>K. funduli</i> ⁵	+																							+
<i>K. grammatorcyini</i> ⁸	+																							
<i>K. guangdongensis</i> ²	+																							
<i>K. gunterae</i> ⁷	+																							
<i>K. hallado</i> ⁵	+																							
<i>K. haridasae</i> ⁶								+																
<i>K. hemiscyllii</i> ⁵	+																							
<i>K. hexapunctata</i> ⁸	+																							
<i>K. histolytica</i> ⁷	+																							
<i>K. hypopicardialis</i> ⁵																								
<i>K. igami</i> ⁸	+																							
<i>K. iidae</i> ⁷	+																							
<i>K. inornata</i> ⁵	+																							

Продолжение таблицы 1 [Continuation of the table 1]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>K. insolita</i> ⁵	+																								
<i>K. intestinalis</i> ⁵							+																		
<i>K. islandica</i> ⁵	+																								
<i>K. iwatai</i> ⁵	+	+	+									+	+	+								+			+
<i>K. javaensis</i> ⁵	+																								
<i>K. kabatai</i> ⁷	+																								
<i>K. kenti</i> ⁷	+																								
<i>K. konishiae</i> ⁸	+																								
<i>K. lateolabracis</i> ⁷	+																								
<i>K. leiostomi</i> ⁵	+																								
<i>K. lemnicati</i> ⁸																									
<i>K. leptacanthuae</i> ⁵																	+								
<i>K. lethrini</i> ⁸																		+							
<i>K. lunata</i> ⁷	+																								
<i>K. lutjanus</i> ⁵	+	+										+													+
<i>K. megacapsula</i> ⁷	+																								
<i>K. miniauriculata</i> ⁷	+																								
<i>K. minityrsites</i> ⁷	+																								
<i>K. mirabilis</i> ⁷	+																								
<i>K. monodactyli</i> ⁸	+																								
<i>K. muscularis</i> ⁸	+																								
<i>K. musculobliquefaciens</i> ⁵	+																								
<i>K. neothunni</i> ⁸	+																								
<i>K. neurophila</i> ⁸																									
<i>K. niluferi</i> ⁵	+																								
<i>K. nova</i> ⁵	+																								
<i>K. ogawai</i> ⁵	+																								
<i>K. orbicularis</i> ⁵	+																								
<i>K. ovivora</i> ⁵																									
<i>K. pegrusi</i> ⁵																									
<i>K. paniformis</i> ⁵	+																								

Продолжение таблицы 1 [Continuation of the table 1]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>K. paralicthys</i> ⁵																		+						
<i>K. paraquadricornis</i> ⁷	+																							
<i>K. pericardialis</i> ⁵																	+							
<i>K. permulticapstula</i> ⁸	+																							
<i>K. peruvianus</i> ⁵	+							+																
<i>K. petala</i> ⁵																								
<i>K. pleurogrammi</i> ⁵	+																							
<i>K. prunus</i> ⁸																		+						
<i>K. pyramidalis</i> ⁵								+																
<i>K. quadratum</i> ⁷	+																							
<i>K. quadricornis</i> ⁷	+																							
<i>K. quraishii</i> ⁵	+																							
<i>K. ramsayi</i> ⁷	+																							
<i>K. rayformis</i> ⁷	+																							
<i>K. rosenbuschi</i> ⁵	+																							
<i>K. sagartica</i> ⁵								+																
<i>K. saudiensis</i> ⁵														+										
<i>K. schulmani</i> ⁸	+																							
<i>K. sciaenae</i> ⁵	+																							
<i>K. scomberi</i> ⁵	+																							
<i>K. scomberomori</i> ⁸	+																							
<i>K. sebastea</i> ⁵	+																							
<i>K. septempunctata</i> ⁸	+																							
<i>K. shiomitsui</i> ⁵																	+							
<i>K. shikae</i> ⁵	+																							
<i>K. sphyraeni</i> ⁵								+																
<i>K. stellula</i> ⁶																						+		
<i>K. surabayaensis</i> ⁵	+																							
<i>K. tachysurae</i> ⁵																								
<i>K. tetraspora</i> ⁵									+															
<i>K. thalassomi</i> ⁸	+																							

Окончание таблицы 1 [End of table 1]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>K. thunni</i> ⁵	+																							
<i>K. thyrstites</i> ⁷	+																							
<i>K. trachuri</i> ⁵	+																							
<i>K. trifolia</i> ⁴							+	+			+		+			+			+					
<i>K. uncinata</i> ⁷	+																							
<i>K. unincapsula</i> ³						+							+											
<i>K. valamuglii</i> ⁵							+																	
<i>K. vesica</i> ⁵															+									
<i>K. visuentis</i> ⁵	+																							
<i>K. whippsi</i> ⁷	+																							
<i>K. yasunagai</i> ⁸																		+						
Всего:	83	6	1	1	1	2	12	8	2	1	2	3	5	5	2	4	8	11	1	7	2	1	2	2

Примечание. [Note]. 1 – двустворчатые споры строением по типу *Sphaerospora*; 2 – трехстворчатые споры по типу *Trilospora*; 3 – четырехстворчатые споры; 4 – по типу *Unicapsula*; 5 – по типу *Neoparvicapsula*; по классическому типу строения спор рода *Kudoa*: 5 – квадратной формы с округлыми вершинами створок, 6 – квадратной формы с заостренными вершинами створок, 7 – звездчатой формы, преимущественно с острыми концами створок, 8 – звездчатой формы споры с 5–15 створками. Число створок пропорционально числу полярных капсул.

[1 – bivalve spores of *Sphaerospora* type; 2 – tricuspid spores of the *Trilospora* type; four-valved spores: 3 – *Unicapsula* type; 4 – according to the *Neoparvicapsula* type; according to the classical type of structure of spores of the genus *Kudoa*: 5 – square shape with rounded valve tips, 6 – square shape with pointed valve tips, 7 – star-shaped, mainly with sharp valve ends; 8 – star-shaped spores with 5–15 valves. The number of valves is proportional to the number of polar capsules]

капсул у видов, имеющих их более четырех, по нашему мнению, свидетельствует о том, что эти микоспоридии эволюционно возникли в более позднее время.

Наряду с этим, мы считаем, что наиболее древними являются, в первую очередь, двустворчатые *Kudoa* – паразиты желчного пузыря *K. eugerres*, *Kudoa dicentrarchi* n. comb. и *Kudoa* sp. (*Mugil curema*) n. comb., по морфологии спор близкие к роду *Sphaerospora*. При этом, *K. dicentrarchi* освоила еще и другие органы рыб – гонады, плавательный пузырь, кишечник, желудок, почки, селезенку, печень, поджелудочную железу и серозу. К древним видам также относятся, по нашему мнению, паразитически похожая по форме спор на двустворчатую *Neoparvicapsula* четырехстворчатая *K. trifolia* из соединительной ткани селезенки, почек, стенки кишечника, желчного пузыря, мезентерия и жабр, а также напоминающая трехстворчатую *Unicapsula* четырехстворчатая *K. unincapsula*, имеющая толстую полярную нить, что является признаком строения наиболее примитивных спор, характерных для *Sphaeromyxa*, и паразитирующая в мезентерии, кишечнике и пилорических придатках. *K. haridasae* из желчного пузыря с четырьмя створками похожа на трехстворчатую *Trilospora* по сильной рассеченности спор на большие лопасти. Внутренние органы рыб, в которых встречаются эти виды двустворчатых и многостворчатых *Kudoa*, мы считаем одними из первых, которые стали местами паразитирования представителей данного рода в эволюционном плане.

Если рассматривать всех микоспоридий рода *Kudoa* по форме спор при различной локализации (табл. 2), 73 из 126 видов обладают спорами квадратной формы с округлыми створками и встречаются как в мышцах, так и во внутренних органах и тканях хозяина, 27 видов

Таблица 2 [Table 2]

Число видов рода *Kudoa* с различной формой спор в органах и тканях рыб Мировой фауны
 [The number of species of the genus *Kudoa* with different forms of spores in the organs and tissues of fish
 of the world fauna]

Органы и ткани рыб [Organs and tissue of fish]	Форма спор* [Spore form]								всего видов [total species]
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Мышцы [Muscles]	–	1	–	–	35	–	27	12	75
Внутренние органы и ткани рыб не мышечной природы [Internal organs and tissues of non-muscular fish]	2	–	1	1	30	2	–	7	43
Смешанный тип локализации (в мышцах и иных местах) [Mixed type of localization (in muscles and other places)]	–	–	–	–	8	–	–	–	8
Всего видов [Total species]	2	1	1	1	73	2	27	19	126

Примечание. [Note]. * 1 – двустворчатые споры строением по типу *Sphaerospora*; 2 – трехстворчатые споры по типу *Trilospora*; четырехстворчатые споры: 3 – по типу *Unicapsula*; 4 – по типу *Neoparvicapsula*; по классическому типу строения спор рода *Kudoa*: 5 – квадратной формы с округлыми вершинами створок, 6 – квадратной формы с заостренными вершинами створок, 7 – звездчатой формы, преимущественно с острыми концами створок; 8 – звездчатой формы споры с 5–15 створками. Число створок пропорционально числу полярных капсул в споре.

[* 1 - bivalve spores with a structure similar to *Sphaerospora*; 2 - tricuspid spores of the *Trilospora* type; four-valved spores: 3 - according to the *Unicapsula* type; 4 - according to the *Neoparvicapsula* type; according to the classical type of structure of spores of the genus *Kudoa*: 5 - square shape with rounded valve tips, 6 - square shape with pointed valve tips, 7 - star-shaped, mainly with sharp valve ends; 8 - star-shaped spores with 5–15 valves. The number of valves is proportional to the number of polar capsules in the spore]

имеют четырехстворчатую звездчатую форму с заостренными вершинами створок и паразитируют только в мышцах, 19 видов звездчатой формы с 5 и более створками и полярными капсулами обитают в мышцах (12 видов) и мозге (7 видов). Остальные 7 видов имеют редко встречающуюся форму спор; один из них встречается в мышцах, а 6 – в других местах локализации.

В вопросах пути заражения новых хозяев и маршрутах попадания микроспоридий в места паразитирования в их организме, мы придерживаемся мнения о том, что, вероятно, амебодный зародыш, выходящий из спор *Kudoa* в просвет кишечника рыбы после их заглатывания в процессе поедания пищи, в первую очередь, освоил его стенку путем внедрения в нее, а также желчный пузырь через желчный проток.

Рассматривая *Kudoa*, паразитирующих в желчном пузыре, мы обратили внимание на то, что, исключая необычных представителей, сходных по строению с двустворчатыми и трехстворчатыми видами, о которых речь шла выше, остальные 4 (*K. petala*, *K. pyramidalis*, *K. sagarica* и *K. tachysurae*) имеют квадратную форму с округлыми вершинами створок. При этом размеры спор всех обитателей желчного пузыря, как правило, довольно малы (3,5–6,0 μm средней длиной \times 6–11,0 μm ши-

риной и толщиной). Исключение составляют *K. sagarica* размерами 8,5–10,0 \times 12,0–14,0 μm и *K. trifolia*, длина споры которой достигает 15,5 μm при очень мелких полярных капсулах и небольшой ширине спор. Это, скорее всего, является также признаками более древних *Kudoa*. Интересно отметить, что для четырех видов, встречающихся в желчном пузыре (*K. dicentrarchi*, *K. haridasae*, *K. igori* и *K. sagarica*), хозяевами являются кефалевые рыбы.

Паразиты кишечника и других органов пищеварительной системы, являющихся, по нашему мнению, одними из первых мест локализации *Kudoa*, также, как и паразиты желчного пузыря, в большинстве своем имеют небольшие размеры (3,0–10,2 μm длиной \times 5,0–11,0 μm шириной и толщиной) и квадратную округлую четырехстворчатую форму спор. Исключение составляют *K. dicentrarchi*, *K. trifolia* и *K. unicapsula*, также встречающиеся в желчном пузыре и по форме либо имеющие две створки, либо походящие на дву- и трехстворчатых микроспоридий.

Среди немногочисленных паразитов почек и мочевого пузыря есть виды, найденные и в пищеварительном тракте (*K. dicentrarchi*, *K. iwatai*, *K. trifolia*). Споры *K. anatolica* немного отходят от квадратной схемы, имея более выраженный разрез створок, но вершины последних округлые. Что касается *K. stellula* из

почек и *K. vesica* из мочевого пузыря рыб, их форма похожа; она квадратная с закругленными створками, но с несколько оттянутыми вершинами. Размеры спор этих видов также довольно малы и колеблются в пределах 3,5–6,7 × 5,0–10,6 μm.

В печени локализуются *K. ciliatae* и *K. dicentrarchi*, которые являются также паразитами пищеварительного тракта, как и встречающиеся в селезенке *K. dicentrarchi* и *K. trifolia*. Микоспоридии *K. dicentrarchi*, *K. iwatai*, *K. lutjanus* локализуются и в плавательном пузыре наряду с другими органами. *K. lutjanus* также обладает квадратными спорами с округлыми вершинами, и размеры его также невелики – 6,3–7,9 × 7,4–9,2 μm. Все виды, констатированные в мезентерии, встречаются и в различных отделах пищеварительной системы. Из восьми видов, паразитирующих в сердце, все имеют квадратную форму спор с закругленными вершинами, а их небольшие размеры находятся в диапазоне 4,0–8,6 × 4,5–11,2 μm. 5 видов, паразитирующих в гонадах, в четырех случаях встречаются лишь в яичниках, и только *K. dicentrarchi* может поражать и семенники. *K. azevedoi*, *K. ovivora* и *K. saudiensis* паразитируют исключительно в половой системе. Все эти виды имеют также квадратную форму спор с закругленными вершинами створок и мелкие размеры порядка 2,4–7,5 × 3,4–8,3 μm. Эта закономерность касается и паразитов, локализующихся на коже, плавниках и в глазах, из которых все, кроме *K. funduli* с плавников рыб, констатированы и в других органах, а также для всех, кроме *K. trifolia*, паразитов жабр, размеры которых варьируют в пределах 3,9–11,0 μm по длине до 4,4–11,0 μm по ширине и толщине спор.

Таким образом, большинство (30 видов) микоспоридий рода Кудоа, паразитирующих в органах и тканях брюшной полости, а также на коже, плавниках, в глазах и на жабрах, имеют классическую четырехстворчатую форму спор, характерную для данного рода, отличающуюся квадратной формой с закругленными вершинами створок и довольно мелкими размерами спор (табл. 2). Исключением являются несколько видов с двустворчатой либо похожей на двустворчатых и трехстворчатых микоспоридий формой спор, для большинства из которых объединяющим местом локализации служит желчный пузырь. Виды с классической формой округлых квадратных

четырёхстворчатых спор встречаются и в мышечной (35 видов), и в мозговой (5 видов – *K. cerebralis*, *K. iwatai*, *K. lutjanus*, *K. paralichthys*, *K. tetraspora*) тканях, и именно они, на наш взгляд, первоначально осваивали эти места локализации. Для 8 видов со смешанной локализацией, встречающихся как в различных органах и тканях рыб, так и в мышцах, характерна такая же форма спор.

Мы считаем все эти виды эволюционно более древними, чем виды с крупными спорами с заостренными вершинами, нередко (в случае 19 видов) имеющими более пяти створок и полярных капсул, паразитирующими исключительно в мозге и мышцах рыб.

Филогенетическое родство двустворчатых *Kudoa* (*K. euggeres*, *K. dicentrarchi* и *Kudoa* sp. от *Mugil curema*) и многочисленных *Kudoa* с квадратными округлыми небольшими спорами (при виде сбоку нередко каплевидной формы, как представители рода *Sphaerospora*), находящихся в соседних кластерах филогенетического древа и являющихся мышечными паразитами, подтверждают молекулярно-генетические исследования [12]. Рассматривая же филогенетическое древо, созданное при описании *K. trifolia* [16], мы видим, что этот вид генетически близкородственен четырехстворчатым микоспоридиям с заостренными створками и неравными размерами полярных капсул, одна из которых больше остальных, а также Кудоа с числом створок больше 4. Большинство из этих близких по происхождению видов являются паразитами мышц, а *K. yasunagai* и *K. neurophila* – паразитами мозга. Однако, при описании нами совместно с тем же генетиком, который описывал *K. trifolia* (Астрид Холзер) другого кефалевого паразита из испанских вод (*K. uniconsula*) [23], этот вид образовал четкий кластер с *K. trifolia*, а близкородственным оказалась *K. quadricornis* – микоспоридия звездчатой формы при виде сверху, но имеющая грушевидную (каплевидную) форму спор при виде сбоку с выростами на заднем полюсе, и обитающая в мышцах. А уже этот кластер близок по происхождению к тем видам, которые находятся сравнительно недалеко в филогенетическом древе от *K. trifolia*. Следует отметить, что и *K. uniconsula*, и *K. trifolia* сходны по строению спор с видами со звездчатой формой спор только неравными размерами полярных капсул.

Мы считаем, что для большинства видов данного рода характерно попадание амебозидного зародыша через стенку кишечника в кровяное русло и разнесение кровью заразного начала паразита по организму с оседанием в местах его локализации. Мышцы стали наиболее подходящей средой для развития данных микоспоридий, благодаря, в первую очередь, большим размерам мышечных фибрилл, идеально подходящих для развития плазмодиев. Именно этим обуславливается паразитирование в них большинства видов рода *Kudoa*, причем именно в мышцах наблюдается встречаемость видов с более крупными размерами спор (это виды со звездчатыми четырехстворчатыми спорами со средней длиной 4–13,4 μm , шириной 5–16,1 μm (до 41,1 μm в случае *K. decaptera*), толщиной 5,6–16,7 μm (до 40,0 μm в случае *K. megacapsula*)). Средние размеры спор с пятью и более створками для мышечных форм – 5,4–8,5 μm длиной, 7,5–13,7 μm шириной и 6,8–11,5 μm толщиной. Для видов, паразитирующих в мозге, средняя длина спор колеблется от 6,1 до 9,3 μm , ширина от 9,6 до 15,7 μm , толщина от 7,7 до 15,3 μm . Это также несколько большие размеры, чем принятые для четырехстворчатых спор классической квадратной формы с закругленными вершинами створок.

Разнообразие чисто мышечных форм выражается в делении видов на споры с тремя (1 вид), четырьмя (62 вида), пятью и более створок и полярных капсул (12 видов) (табл. 2). При этом, часть четырехстворчатых видов имеют споры квадратной формы с округлыми вершинами створок (35 видов), другая часть таких видов имеет звездчатую форму с заостренными вершинами створок (27 видов). Подавляющее большинство микоспоридий рода *Kudoa* с округлыми квадратными спорами не имеет выростов. Исключение составляют мышечные паразиты *K. caudata* с тонкими нитевидными отростками на вершинах створок, *K. aequidens* с лентовидными выростами на вершинах створок и *K. fudjitai* с маленькими выростами на вершинах створок. Среди форм с заостренными четырехстворчатыми спорами все являются паразитами мышечной ткани. Из них 12 видов обладают полярными капсулами равных размеров, из которых 5 видов имеют необычную форму спор. Так, у *K. empessmichikoeae*, *K. paraquadricornis* и *K. quadricornis* имеются четыре небольших кону-

совидных выростов на заднем полюсе споры, а у *K. lunata* и *K. uncinata* вершины створок сильно выгнуты вверх, что хорошо видно при рассмотрении спор в боковой плоскости. 13 видов с заостренными вершинами створок имеют полярные капсулы неравных размеров и выростов створок не имеют. Два мышечных вида стоят особняком, обладая приближающейся к звездчатой, но совершенно необычной формой спор. Это *K. iidae* с большим конусовидным выростом одной из створок и *K. rayiformis* с четырьмя неравными створками, периферийный край одной из которых закруглен, двух других заострен, а последняя заостренная створка имеет нитевидный вырост, отчего спора напоминает по форме ската.

Эти дополнительные структуры в виде выростов спор, вероятно, возникли эволюционно для улучшения плавучести спор. Также для этого, вероятно, послужило увеличение размеров спор и сильное укрупнение одной из полярных капсул мышечных четырехстворчатых *Kudoa* у видов с заостренными спорами, таких, например, как звездчатые *K. mirabilis*, *K. cheilodipteri*, *K. decaptera* и *K. lateolabracis*, ромбовидные *K. akihittoi*, *K. gunterae* и *K. whippsi*, трехстворчатая звездчатая с крыловидными створками *K. megacapsula*, в меньшей степени – *K. aburakarei*, *K. cruciformum*, *K. minithyrsites*, *K. thyrsites* и *K. histolytica*.

Микоспоридии рода *Kudoa* – в подавляющем большинстве тканевые паразиты, в связи с чем большой интерес представляют пути попадания их спор во внешнюю среду и в новых хозяев:

1. В более простых случаях плазмодии развиваются вблизи поверхности тела (в коже, на плавниках и жабрах) и споры выделяются непосредственно во внешнюю среду (воду) после вскрытия цисты [19]. Примерами могут служить *K. amamiensis*, встречающаяся на коже и плавниках рыб, *K. cutanea*, паразитирующая на коже, и *K. funduli*, локализуемая помимо мышц на плавниках, *K. atropi*, *K. boopsi*, *K. branchiata*, *K. clupeidae*, *K. eleotrisi*, *K. nova* и *K. trifolia*, констатированные на жабрах. Споры также высвобождаются естественным путём из язв, образующихся на мышцах живой рыбы (*K. clupeidae*, *K. mirabilis*) [5, 7].

2. При паразитировании в органах, имеющих выводящие протоки (желчный пузырь, кишечник, почки), споры выходят из орга-

низма рыб аналогичным, достаточно простым способом [19]. По нашему мнению, к таким паразитам можно отнести также виды, которые встречаются во рту, глотке, пищеводе и пилорических придатках. Примерами могут служить 9 видов паразитов желчного пузыря, о которых сказано выше, 12 видов, паразитирующих в кишечнике – *K. cascasia*, *K. ciliatae*, *K. coibori*, *K. cookie*, *K. crenimugilis*, *K. dicentrarchi*, *K. intestinalis*, *K. iwatai*, *K. sphyraeni*, *K. trifolia*, *K. unicaspsula* и *K. valamugili*, а также 4 вида, обитающих в почках – *K. anatolica*, *K. dicentrarchi*, *K. iwatai* и *K. trifolia*.

3. Из плазмодиев, развивающихся во внутренних органах (в селезенке, печени и почечной паренхиме, сердце, головном мозге, мышцах и на серозных мембранах) споры могут попасть во внешний мир только по току лимфы и крови. При этом, многочисленные споры, выделяющиеся из распавшихся цист в межклеточное пространство, переносятся к жабрам, коже, почкам и кишечнику, где они вызывают закупорку капилляров и незначительные некрозы, а также в места, где они выделяются во внешний мир с помощью макрофагов. Большое число спор может застревать в макрофаговых центрах селезенки, печени и почек, где они подвергаются постепенному разрушению. Неопытные исследователи часто обращают внимание на большое число спор (иногда до нескольких сотен), расположенных в макрофаговых центрах, и ошибочно указывают такой орган в качестве места развития паразита [19]. Примеры многочисленны (см. табл. 1).

4. Заражённая рыба погибает естественным путём, разлагается с высвобождением спор во внешнюю среду.

5. Заражённая рыба поедается хищниками (рыбами, кальмарами, птицами). При этом, часть спор сразу попадает в воду из разорванных тканей хозяина, часть может выходить во внешнюю среду с фекалиями хищников через некоторое время, часть служит непосредственным источником заражения хищника-рыбы в случае подходящей среды его организма [5, 7].

6. Заражение миксоспоридиями новых особей хозяев может происходить путем заглатывания спор, содержащихся в попавших в воду фекалиях зараженных рыб. Это было наглядно продемонстрировано на примере опыта с представителем другого рода – *Muxidium*

lei Diamant, Lom and Dykova, 1994 от дорады *Sparus aurata* [13].

7. Заражение происходит путём поедания инвазированной икры рыб и высвободившихся из неё во внешнюю среду спор (*K. ovivora* Swearer and Robertson, 1999, *K. azevedoi* Mansour, Thabet, Chourabi, Harrath, Gtari, Omar and Hassine, 2013, *K. saudiensis* Mansour, Harrath, Abdel-Baki, Alwasel, Al-Quraishy and Al Omar, 2015).

8. Заражение может происходить и при поедании различных беспозвоночных животных (в первую очередь, полихет и олигохет), чьё необходимое участие в жизненном цикле миксоспоридий в качестве промежуточных хозяев уже доказано для около 40 видов других родов, подавляющее большинство которых являются пресноводными формами [5, 7].

Заключение

Всего известно 24 места паразитирования миксоспоридий рода *Kudoa* в организме хозяина. Большая часть видов (83 вида из 126, что составляет 66%) так или иначе локализована в мышцах рыб, иногда поражая (в случае 8 видов из них) и другие ткани и органы хозяина. 43 вида (34%) представителей этого рода не встречается в мышечной ткани.

Освоение мест локализации хозяина эволюционно шло, скорее всего, первично через стенку кишечника и желчный пузырь, далее – через внутренние органы рыб и в конечном итоге паразиты попали в мозговую и мышечную ткани. Наиболее древними формами следует считать двустворчатых *Кудоа*, паразитирующих в желчном пузыре, мышечную трехстворчатую и четырехстворчатых миксоспоридий данного рода необычной формы, приближающейся к представителям других родов и паразитирующих, главным образом, во внутренних органах, а также четырехстворчатых *Кудоа* с классической квадратной формой спор, округлыми вершинами створок, с четырьмя равными полярными капсулами и наиболее мелкими размерами (примерно равное число видов встречается как в мышцах, так и при другой локализации). Споры с заостренной звездчатой формой (исключительно мышечные формы) и споры с пятью и более створками и полярными капсулами (встречающиеся в мышцах и мозге и имеющие большие размеры) следует считать воз-

никшими в более позднее время. Пути попадания спор во внешнюю среду и в дальнейшем в организм нового хозяина предположительно представляют собой 8 вариантов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб: Руководство по изучению. Методы зоологических исследований – практике. Л.: Наука, Ленинград. отделение, 1985. 123 с.
2. Донец З. С., Шульман С. С. О методах исследования Мухосporidia (Protozoa, Cnidosporidia) // Паразитология. 1973. Т. 7, Вып. 2. С. 191-193.
3. Шульман С. С. Микоспоридии фауны СССР. М.-Л.: Наука, 1966. 504 с.
4. Шульман С. С., Донец З. С., Ковалева А. А. Класс микоспоридий мировой фауны. Т. 1. Общая часть. Санкт-Петербург: Наука, 1997. 578 с.
5. Юрахно В. М. Микоспоридии рода *Kudoa* (Protozoa: Мухосporia) рыб Мирового океана // Рыб. хоз-во: Анал. и реф. информ. / Сер. «Болезни гидробионтов в аквакультуре». 2003. Вып. 1. С. 16-32.
6. Юрахно В. М. Мировая фауна микоспоридий рода *Kudoa* (Мухосporia, Kudoidae) // Современные проблемы теоретической и морской паразитологии: сборник научных статей. Севастополь: Изд-ль Бондаренко Н. Ю., 2016. С. 135-137.
7. Юрахно В. М. Микоспоридии рода *Kudoa* (Мухосporia, Kudoidae) рыб мировой фауны и их значение для рыбного промысла и марикультуры: обзор // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2, № 4. С. 15-29.
8. Abdel-Aal A. A., Badawy G. A., Gattas M. W. Light and electron microscopic studies on myxosporean parasites of some marine fishes with description of two new species. Assiut veterinary medical journal. 2001; 44. 2115-2131.
9. Bartholomew J. L., Atkinson S. D., Hallett S. L., Lowenstine L. J., Keel K., Brown J. Myxozoans in waterfowl: an example of parasite host range expansion? Parasitologia. 2007; 49 (2): 140.
10. Burger M. A. A., Adlard R. D. Phenotypic variation in a significant spore character in *Kudoa* (Myxosporia: Multivalvulida) species infecting brain tissue. Parasitology. 2010; 137 (12): 1759-1772. doi: 10.1017/S0031182010000673
11. Bush A. O., Lafferty K. D., Lotz J. M., Shostak A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. Journal of Parasitology. 1997; 83. 575-583.
12. Casal G., Soares E. C., Rocha S., Silva T. J., Santos E. L., Nascimento R., Oliveira E., Azevedo C. Description of a new myxozoan *Kudoa eugerres* n. sp. and reclassification of two *Sphaerospora sensu lato* species. Parasitology Research. 2019; 118. 1719-1730. doi:10.1007/s00436-019-06324-8
13. Diamant A., Ucko M., Paperna I., Colorni A., Lipshtiz A. *Kudoa iwatai* (Myxosporia: Multivalvulida) in wild and cultured fish in the Red Sea: redescription and molecular phylogeny. Journal of Parasitology. 2005; 91 (5): 1175-1189. doi: 10.1645/GE-491R.1
14. Eiras J. C., Saraiva A., Cruz C. Synopsis of the species of *Kudoa* Meglitsch, 1947 (Myxosporia: Myxosporia: Multivalvulida). Systematic Parasitology. 2014; 87. 153-180. doi: 10.1007/s11230-013-9461-4
15. Friedrich C., Ingolic E., Freitag B., Kastberger G., Hohnmann V., Skofitsch G., Neumaister U., Kepka O. A myxozoan-like parasite causing xenomas in the brain of the mole *Talpa europaea* L., 1758. Parasitology. 2000; 121. 438-492.
16. Holzer A. S., Blasco-Costa I., Sarabeev V. L., Ovcharenko M. O., Balbuena J. A. *Kudoa trifolia* sp. n. – molecular phylogeny suggests a new spore morphology and unusual tissue location for a well-known genus. Journal of Fish Diseases. 2006; 29 (12): 743-755. doi: 10.1111/j.1365-2761.2006.00770.x
17. Li Y.-Ch., Inoue K., Zhang J.-Y., Sato H. Phylogenetic relationships of three *Kudoa* spp. with morphologically similar myxospores (*K. iwatai*, *K. lutjanus*, and *K. bora*), with the redescription of *K. uncinata* and *K. petala* and description of a new species (*K. fujitai* n. sp.) in fishes in the South China Sea. Parasitology Research. 2020; 119 (4): 1221-1236. doi: 10.1007/s00436-020-06636-0
18. Lom J., Dyková I. Protozoan parasites of fishes. Developments in aquaculture and fisheries science. Elsevier, Amsterdam, 1992; 26. 315.
19. Molnar K. Comments on the host, organ and tissue specificity of fish myxosporeans and on the types of their intrapiscine development. Parasit. Hung. 1994; 27. 5-20.
20. Patashnik M., Groninger H. S., Barnett H., Kudo G., Koury B. Pacific whiting, *Merluccius productus*: I. Abnormal muscle texture caused by myxosporidian-induced proteolysis. Marine Fisheries Review. 1982; 44 (5): 1-12.
21. Whipps C. M., Grossel G., Adlard R. D., Yokoyama H., Bryant M. S., Munday B. L., Kent M. L. Phylogeny of the Multivalvulidae (Myxosporia: Myxosporia) based upon comparative rDNA sequence analysis. Journal of Parasitology. 2004; 90 (3): 618-622.

22. Yokoyama H., Masuda K. *Kudoa* sp. (Myxozoa) causing a post-mortem myoliquefaction of North-Pacific octopus *Paroctopus dofleini* (Cephalopoda: Octopodidae). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2001; 21 (6): 266-268.
23. Yurakhno V. M., Ovcharenko M. O., Holzer A. S., Sarabeev V. L., Balbuena J. A. *Kudoa unicuscula* n. sp. (Myxosporea: Kudoidae) a parasite of the Mediterranean mullets *Liza ramada* and *L. aurata* (Teleostei: Mugilidae). *Parasitology Research*. 2007; 101 (6): 1671-1680.

Статья поступила в редакцию 15.07.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторе:

Юрахно Виолетта Михайловна, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН (299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2), г. Севастополь, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-0571-6716, viola_taurica@mail.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

- Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. Fish parasites: A study guide. *Methods of zoological research – practice*. Leningrad, Nauka, Leningrad department, 1985; 123. (In Russ.)
- Donets Z. S., Shulman S. S. On the methods of investigation of Myxosporidia (Protozoa, Cnidosporidia). *Parasitology*. 1973; 7 (2): 191-193. (In Russ.)
- Shulman S. S. Myxosporean fauna of the USSR. Moscow-Leningrad, Nauka, 1966; 504. (In Russ.)
- Shulman S. S., Donets Z. S., Kovaleva A. A. A class of myxosporeans of the world fauna. T. 1. General part. St. Petersburg, Nauka, 1997; 578. (In Russ.)
- Yurakhno V. M. Myxosporeans of the genus *Kudoa* (Protozoa: Myxosporea) of fishes of the World Ocean. *Fisheries: Anal. and ref. inform. / Ser. "Diseases of hydrobionts in aquaculture"*. 2003; 1: 16-32. (In Russ.)
- Yurakhno V. M. World fauna of myxosporeans of the genus *Kudoa* (Myxosporea, Kudoidae). *Sovremennyye problemy teoreticheskoy i morskoy parazitologii: sbornik nauchnykh statey = Modern problems of theoretical and marine parasitology: collection of scientific articles*. Sevastopol, Publishing house Bondarenko N. Yu., 2016; 135-137. (In Russ.)
- Yurakhno V. M. Myxosporeans of the genus *Kudoa* (Myxosporea, Kudoidae) of fish of the world fauna and their importance for fisheries and mariculture: a review. *Morskoy biologicheskiy zhurnal = Marine Biological Journal*. 2017; 2 (4): 15-29. (In Russ.)
- Abdel-Aal A. A., Badawy G. A., Gattas M. W. Light and electron microscopic studies on myxosporean parasites of some marine fishes with description of two new species. *Assiut veterinary medical journal*. 2001; 44. 2115-2131.
- Bartholomew J. L., Atkinson S. D., Hallett S. L., Owenstine L. J., Keel K., Brown J. Myxozoans in waterfowl: an example of parasite host range expansion? *Parassitologia*. 2007; 49 (2): 140.
- Burger M. A. A., Adlard R. D. Phenotypic variation in a significant spore character in *Kudoa* (Myxosporea: Multivalvulida) species infecting brain tissue. *Parasitology*. 2010; 137 (12): 1759-1772. doi: 10.1017/S0031182010000673
- Bush A. O., Lafferty K. D., Lotz J. M., Shostak A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*. 1997; 83. 575-583.
- Casal G., Soares E. C., Rocha S., Silva T. J., Santos E. L., Nascimento R., Oliveira E., Azevedo C. Description of a new myxozoan *Kudoa eugerres* n. sp. and reclassification of two *Sphaerospora sensu lato* species. *Parasitology Research*. 2019; 118. 1719-1730. doi:10.1007/s00436-019-06324-8
- Diamant A., Ucko M., Paperna I., Colorni A., Lipshitz A. *Kudoa iwatai* (Myxosporea: Multivalvulida) in wild and cultured fish in the Red Sea: redescription and molecular phylogeny. *Journal of Parasitology*. 2005; 91 (5): 1175-1189. doi: 10.1645/GE-491R.1
- Eiras J. C., Saraiva A., Cruz C. Synopsis of the species of *Kudoa* Meglitsch, 1947 (Myxozoa: Myxosporea: Multivalvulida). *Systematic Parasitology*. 2014; 87. 153-180. doi: 10.1007/s11230-013-9461-4
- Friedrich C., Ingolic E., Freitag B., Kastberger G., Hohnmann V., Skofitsch G., Neumaister U., Kepka O. A myxozoan-like parasite causing xenomas in the brain of the mole *Talpa europaea* L., 1758. *Parasitology*. 2000; 121. 438-492.
- Holzer A. S., Blasco-Costa I., Sarabeev V. L., Ovcharenko M. O., Balbuena J. A. *Kudoa trifolia*

- sp. n. – molecular phylogeny suggests a new spore morphology and unusual tissue location for a well-known genus. *Journal of Fish Diseases*. 2006; 29 (12): 743-755. doi: 10.1111/j.1365-2761.2006.00770.x
17. Li Y.-Ch., Inoue K., Zhang J.-Y., Sato H. Phylogenetic relationships of three *Kudoa* spp. with morphologically similar myxospores (*K. iwatai*, *K. lutjanus*, and *K. bora*), with the redescription of *K. uncinata* and *K. petala* and description of a new species (*K. fujitai* n. sp.) in fishes in the South China Sea. *Parasitology Research*. 2020; 119 (4): 1221-1236. doi: 10.1007/s00436-020-06636-0
 18. Lom J., Dyková I. Protozoan parasites of fishes. Developments in aquaculture and fisheries science. Elsevier, Amsterdam, 1992; 26. 315.
 19. Molnar K. Comments on the host, organ and tissue specificity of fish myxosporeans and on the types of their intrapiscine development. *Parasit. Hung*. 1994; 27. 5-20.
 20. Patashnik M., Groninger H. S., Barnett H., Kudo G., Koury B. Pacific whiting, *Merluccius productus*: I. Abnormal muscle texture caused by myxosporidian-induced proteolysis. *Marine Fisheries Review*. 1982; 44 (5): 1-12.
 21. Whipps C. M., Grossel G., Adlard R. D., Yokoyama H., Bryant M. S., Munday B. L., Kent M. L. Phylogeny of the Multivalvulidae (Myxozoa: Myxosporidia) based upon comparative rDNA sequence analysis. *Journal of Parasitology*. 2004; 90 (3): 618-622.
 22. Yokoyama H., Masuda K. *Kudoa* sp. (Myxozoa) causing a post-mortem myoliquefaction of North-Pacific octopus *Paroctopus dofleini* (Cephalopoda: Octopodidae). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2001; 21 (6): 266-268.
 23. Yurakhno V. M., Ovcharenko M. O., Holzer A. S., Sarabeev V. L., Balbuena J. A. *Kudoa unicapsula* n. sp. (Myxosporidia: Kudoidae) a parasite of the Mediterranean mullets *Liza ramada* and *L. aurata* (Teleostei: Mugilidae). *Parasitology Research*. 2007; 101 (6): 1671-1680.

The article was submitted 15.07.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the author:

Yurakhno Violetta M., A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (299011, Sevastopol, Nakhimov avenue, 2), Sevastopol, Russia, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0002-0571-6716, viola_taurica@mail.ru

The author has read and approved the final manuscript version.

Научная статья

УДК 619:616.995.132.6

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-74-83>

Влияние интенсивности инвазии на морфологические характеристики личинок *Trichinella spiralis* при экспериментальном заражении белых крыс и распределение их в мышцах

Ольга Борисовна Жданова¹, Александр Витальевич Успенский²,
Людмила Александровна Написанова³, Ольга Владимировна Часовских⁴,
Дмитрий Владимирович Россохин⁵, Олег Николаевич Андреянов⁶,
Наталья Семеновна Малышева⁷, Екатерина Олеговна Качанова⁸

^{1-3,6-8} 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», Москва, Россия

^{4,5} Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

^{1,5} Кировский государственный медицинский университет, Киров, Россия

⁷ Курский государственный университет, Курск, Россия

¹ oliabio@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4912-8518>

² a.v.uspensky@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9115-9890>

³ napisanova2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0894-827X>

⁴ r.dmitry@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1349-7955>

⁵ beoli@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9492-4017>

⁶ 1980oleg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3357-9322>

⁷ kurskparazitolog@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-4659-5439>

⁸ kachanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-0531>

Аннотация

Цель исследований – изучение морфологических изменений капсул личинок трихинелл и распределение их в мышцах.

Материалы и методы. В эксперименте использовали 12 белых крыс, разделенных на 3 группы по 4 животных в каждой. Крыс первой группы заражали личинками трихинелл в дозе 5 личинок на 1 г массы тела, второй - в дозе 40 личинок на 1 г, крысы 3-й группы служили контролем и их не заражали. Селективное расселение личинок изучали по определению интенсивности инвазии при постмортальных исследованиях основных групп мышц животного и измерения капсул личинок в разных группах мышц.

Результаты и обсуждение. Во всей мышечной массе было обнаружено 45 ± 10 личинок трихинелл/на животное в 1-й группе, во 2-й группе число личинок составило 2250 ± 180 , в контрольной группе личинок трихинелл не обнаружили. Установлено, что распределение личинок трихинелл в мышцах зараженных животных зависит от дозы заражения: при низких дозах наибольшее число обнаружено в икроножных мышцах и диафрагме, при высоких дозах резко увеличивается число личинок в мышцах головы.

Ключевые слова: трихинеллоскопия, личинки, *Trichinella spiralis*, экспериментальное заражение, крысы

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: Жданова О. Б., Успенский А. В., Написанова Л. А., Часовских О. В., Россохин Д. В., Андреев О. Н., Малышева Н. С., Качанова Е. О. Влияние интенсивности инвазии на морфологические характеристики личинок *Trichinella spiralis* при экспериментальном заражении белых крыс и распределение их в мышцах // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 74–83.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-74-83>

© Жданова О. Б., Успенский А. В., Написанова Л. А., Часовских О. В., Россохин Д. В., Андреев О. Н., Малышева Н. С., Качанова Е. О., 2023

Original article

Influence of intensity of infection on morphological characteristics of *Trichinella spiralis* larvae at experimental infection of white rats and their distribution in muscles

Olga B. Zhdanova¹, Alexander V. Uspensky², Lyudmila A. Napisanova³, Olga V. Chasovskikh⁴, Dmitry V. Rossokhin⁵, Oleg N. Andreyanov⁶, Natalia S. Malysheva⁷, Ekaterina O. Kachanova⁸

^{1-3,6-8} 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

^{4,5} Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

^{1,5} Kirov State Medical University, Kirov, Russia

⁷ Kursk State University, Kursk, Russia

¹ oliabio@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4912-8518>

² a.v.uspensky@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9115-9890>

³ napisanova2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0894-827X>

⁴ r.dmitry@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1349-7955>

⁵ beoli@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9492-4017>

⁶ 1980oleg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3357-9322>

⁷ kurskparazitolog@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-4659-5439>

⁸ kachanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-0531>

Abstract

The purpose of the research is to study the morphological changes in the capsules of *Trichinella spiralis* larvae and their distribution in muscles.

Materials and methods. In the experiment, 12 white rats were used, divided into 3 groups of 4 animals each. Rats of the first group were infected with *T. spiralis* larvae at a dose of 5 larvae per 1 g of body weight, the second – at a dose of 40 larvae per 1 g, rats of the 3rd group served as control and were not infected. The selective dispersal of larvae was studied by determining the intensity of infection in post-mortem studies of the main muscle groups of the animal and measuring the capsules of larvae in different muscle groups.

Results and discussion. In the entire muscle mass, 45 ± 10 *T. spiralis* larvae/animal were found in the 1st group, in the 2nd group the number of larvae was 2250 ± 180 , in the control group no *T. spiralis* larvae were found. It has been established that the distribution of *T. spiralis* larvae in the muscles of infected animals depends on the dose of infection: at low doses, the largest number was found in the gastrocnemius muscles and diaphragm, at high doses, the number of larvae in the muscles of the head sharply increases.

Keywords: trichinelloscopy, larvae, *Trichinella spiralis*, experimental infection, rats

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

There is no conflict of interests.

For citation: Zhdanova O. B., Uspensky A. V., Napisanova L. A., Rassokhin D. V., Chasovskikh O. V., Andreyanov O. N., Malysheva N. S., Kachanova E. O. Influence of intensity of infection on morphological characteristics of *Trichinella spiralis* larvae at experimental infection of white rats and their distribution in muscles. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):74–83. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-74-83>

© Zhdanova O. B., Uspensky A. V., Napisanova L. A., Rassokhin D. V., Chasovskikh O. V., Andreyanov O. N., Malysheva N. S., Kachanova E. O., 2023

Введение

Трихинеллез, вызываемый *Trichinella spiralis*, один из самых опасных гельминтозов человека и животных, как паразитарное заболевание человека известен с 60-х годов 19 столетия (Zenker, 1960). *T. spiralis* эволюционно является достаточно древним паразитом; помимо ветеринарно-санитарного и медицинского имеет также огромное биологическое значение. Трихинеллы часто служат удобными модельными объектами для изучения паразито-хозяйных взаимоотношений, эффективности антигельминтиков и иммуностимуляторов.

Несмотря на многочисленные исследования в области этиологии, патогенеза и диагностики данного гельминтоза, до сих пор еще не разработаны радикальные меры борьбы с ним и надежная профилактика этого заболевания [1-3, 6, 17].

В комплексе противотрихинеллезных мероприятий ведущее место занимает трихинеллоскопический контроль, который осуществляется различными методами компрессорной трихинеллоскопии и переваривания мышечной ткани в искусственном желудочном соке с различными технологическими и диагностическими возможностями [3-5, 7].

Многочисленные исследователи уделяли огромное внимание изучению параметров личинок *T. spiralis* и их расселению в мышцах [1, 2, 5-7, 10, 17]. Так, изучен ряд параметров капсул трихинелл у диких животных, а также у экспериментально зараженных лабораторных животных и лесных мышей после первого пассажа в них материала из спонтанно инвазированных диких животных [1, 2]. Исследователи указывают на изменение параметров капсулы трихинелл с первого и последующих пассажей в мышцах, а также их свойств, и то, что морфологическая изменчивость личинок и капсул трихинелл возникает под воздействием многих эколого-биологи-

ческих факторов. Считается, что величина и форма капсулы зависит от вида трихинелл и в меньшей степени зависит от вида хозяина, а капсулы личинок трихинелл могут иметь неодинаковые размеры у отдельных видов хозяев, что обусловлено различиями в толщине волокон поперечнополосатой мускулатуры и степенью развития личинок трихинелл. Было показано, что размеры капсул личинок в мышцах различных видов хозяев, в том числе и у человека, имеют неодинаковые размеры [1, 2, 17].

Целью исследования стало изучение морфологических особенностей капсул личинок трихинелл и распределение их в мышцах у крыс при экспериментальном заражении различными дозами личинок трихинелл.

Материалы и методы

Работа проведена на базе центра ВНИИП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр – ВНИИЭВ им. К. И. Скрябина и Вятского агротехнологического университета. В эксперименте использовали 12 белых крыс, разделенных на 3 группы по 4 животных в каждой. Крыс первой группы заражали личинками трихинелл в дозе 5 личинок на 1 г массы тела, второй – в дозе 40 личинок на 1 г, крысы 3-й группы служили контролем и их не заражали для уточнения ширины симпластов у крыс соответствующего возраста.

Оценку заселяемости мышц личинками трихинелл проводили с учетом интенсивности инвазии при исследованиях всех групп мышц животного с описанием морфологии симпластов мышечной ткани в сравнении с таковыми здоровых животных соответствующего возраста и содержащихся в одинаковых с опытными группами условиях.

Убой всех крыс проводили через 45–50 сут с исследованием отдельно каждой группы мышц методом компрессорной трихинеллоскопией (КТ) и подсчитывали число личинок

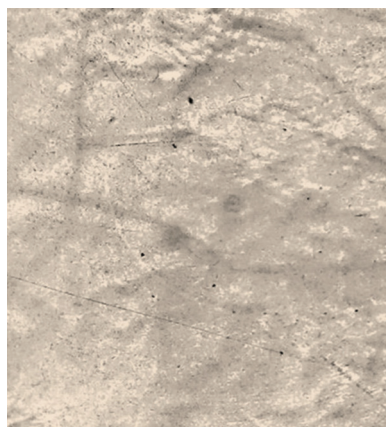
трихинелл в срезе. Затем мышечную массу подвергали перевариванию в искусственном желудочном соке (ИЖС) по методу П. А. Владимировой. Для характеристики формы капсулы использовали индекс формы, который выражается в соотношении $2b : 2a$ (большая ось эллипса – $2a$ и малая ось – $2b$), и показывает степень округлости или вытянутости капсулы. Из общего числа найденных трихинелл в исследуемых группах мышц было определено их среднее число в одном срезе. Подсчитывали общее число выделенных личинок из 24 срезов и проводили перерасчет на один срез из исследуемой мышц в каждой из групп. Полученные данные обрабатывали с использованием пакетов программ MS Excel и Statgraphics общепринятыми методами вариационной статистики. Сравнение различий между группами проводили с применением непараметрического критерия (U) Вилкоксо-

на-Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия с $P < 0,05$ [5, 10, 13].

Исследования проводили в соответствии с Международными рекомендациями (этическим кодексом) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных в соответствии с принципами, изложенными в Хельсинкской декларации. Все манипуляции осуществляли под анестезией.

Результаты и обсуждение

При исследовании методом переваривания в ИЖС по методу П. А. Владимировой всей мышечной массы исследуемых крыс было обнаружено 45 ± 10 личинок трихинелл/на животное в 1-й группе, во 2-й группе – 2250 ± 180 . Эти показатели коррелировали с числом личинок в срезе (рис. 1А, 1Б); в контрольной группе личинок трихинелл не обнаружили.



А



Б

Рис. 1. Срез жевательной мышцы (*Musculus masseter*) при низкой (А) и высокой (Б) степени инвазии (увел. $\times 10$)

[Fig. 1. A cut of the chewing muscle (*Musculus masseter*) at a low (A) and high (B) degree of infection (magnification $\times 10$)]

Капсулы личинок трихинелл в мышцах экспериментально зараженных малыми дозами личинок крыс имели достаточную вариативность по морфометрическим параметрам и распределению по группам мышц (табл. 1).

Учитывая, что средний индекс капсулы был более $0,7 \pm 0,05$, форма большинства капсул приближена к эллипсу; расчёт проводили по соотношению оси $2b$ к $2a$. Большая ось эллипса ($2a$) варьировала от $190,05$ мк в мышцах диафрагмы до $330,17$ мк в икроножных; по малой оси ($2b$) – от $138,45$ до $250,45$ мк соответственно. Индекс капсулы незначительно

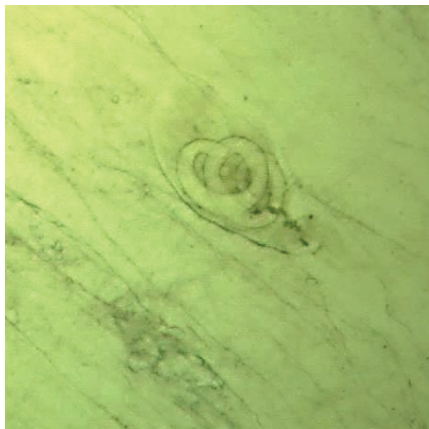
колебался в разных группах мышц (табл. 1, 2). При определении формы в количественном отношении преобладали овальные капсулы: выявлено 90% капсул с овальной формой, 4% с вытянутой формой, которые были обнаружены в жевательных мышцах вблизи сухожилий и 6% округлых капсул. Вышесказанное подтверждается многочисленными данными, указывающими, что капсулы овальной формы характерны для вариетета *T. spiralis*.

Морфометрические параметры капсулы при сильном заражении практически не отличались от таковых при слабом заражении.

Таблица 1 [Table 1]

Морфометрические параметры личинок трихинелл и их распределение в мышцах при экспериментальном трихинеллезе при низкой дозе заражения
[Morphometric parameters of *T. spiralis* larvae and their distribution in the muscles at experimental trichinellosis at a low dose of infection]

Группа мышц [Muscle group]	Индекс капсулы [Capsule Index]	Среднее число личинок в срезе [Average number of larvae per cut]	Процент в исследуемых мышцах от общего числа личинок [Percentage in the studied muscles of the total number of larvae]
Мышцы головы [Muscles of the head]: Язык [Tongue] Жевательные [Chewing]	0,75±0,11 0,78±0,05	1,7±0,5 2,2±0,3	10 6
Мышцы шеи [Neck muscles]	0	0	0
Мышцы передней конечности [Muscles of the forelimb]: Проксимальная группа [Proximal group] Дистальная группа [Distal group]	0,81±0,03 0,83±0,03	0,5±0,05 1,9±1,1	3 7
Диафрагма [Diaphragm] Межреберные [Intercostal] Поясничные [Lumbar]	0,85±0,5 0 0	1,5±0,3 0 0	15
Мышцы хвоста [Tail muscles] Мышцы задней конечности [Muscles of the hind limb]: Проксимальная группа [Proximal group] Дистальная группа [Distal group]	0,79±0,5 0,81±0,1 0,81±0,05	1,5±0,3 1,7±0,05 8,8±0,05	6 16 37



А



Б

Рис. 2. Личинки *T. spiralis* (увел. × 200):
 А – вытянутой овальной формы в жевательных мышцах; Б – округло-овальной формы в икроножных мышцах

[Fig. 2. *T. spiralis* larvae (magnification × 200):
 А – elongated oval shape in chewing muscles; Б – round-oval shape in the calf muscles]

Однако, число их в различных мышцах значительно отличалось от распределения личинок при малом заражении (табл. 1 и 2).

Учитывая то, что инвазионный материал был генетически однороден, была предпринята попытка оценить влияние особенностей мышечной ткани на формирование капсул трихинелл в мышцах белых крыс. Известно,

что в построении мышечной ткани участвуют соединительнотканый, сосудистый и нервный компоненты, которые определяют вариант строения миосимпласта. Пучок поперечнополосатых мышечных волокон покрыт снаружи от сарколеммы тонкой соединительнотканной оболочкой – эндомизием. Пучки волокон различной величины

Таблица 2 [Table 2]

Морфометрические параметры личинок трихинелл и их распределение в мышцах при экспериментальном трихинеллезе при высокой дозе заражения
[Morphometric parameters of *T. spiralis* larvae and their distribution in muscles in experimental trichinosis at a high dose of infection]

Группа мышц [Muscle group]	Индекс капсулы [Capsule Index]	Среднее число личинок в срезе [Average number of larvae per cut]	Процент в исследуемых мышцах от общего числа личинок [Percentage in the studied muscles of the total number of larvae]
Мышцы головы [Muscles of the head]: Язык [Tongue] Жевательные [Chewing]	0,73±0,1 0,78±0,1	3,6±0,5 4,2±0,3	17 19
Мышцы шеи [Neck muscles]	0,75±0,1	1,1±0,05	1
Мышцы передней конечности [Muscles of the forelimb]: Проксимальная группа [Proximal group] Дистальная группа [Distal group]	0,82±0,3 0,83±0,3	1,5±0,05 2,3±1,1	8 9
Диафрагма [Diaphragm] Межреберные [Intercostal] Поясничные [Lumbar]	0,85±0,5 0,86±0,1 0,79±0,1	2,5±0,3 1,5±0,05 1,8±0,05	14
Мышцы хвоста [Tail muscles] Мышцы задней конечности [Muscles of the hind limb]: Проксимальная группа [Proximal group] Дистальная группа [Distal group]	0,80±0,5 0,81±0,1 0,82±0,05	1,9±0,3 3,1±0,05 8,2±0,05	5 10 17

окружены и отделены друг от друга тонкими прослойками соединительной ткани, которые образуют внутренний перимизий. Миосимпласт является стержневым компонентом мышечного волокна, которое включает также базальную мембрану из фибрилл и аморфного вещества. Миосимпласты ограничены плотной плазмолеммой, которая и обуславливает возможность распределения личинки внутри миосимпласта, а, следовательно, влияет на ее формообразование. Фибриллы базальной мембраны связаны с эндомиоцием прослойками соединительной ткани. По мере приближения к сухожилию, появляются тендиноциты, которые имеют удлиненное ядро и небольшое количество цитоплазмы, и отростки. Также появляются пучки коллагеновых волокон первого порядка, которые окутаны рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью (эндотендином). У крыс опытных групп продольная исчерченность, образованная миофибриллами, становится искривленной за счет личинок. Кроме того, ширина мышечного волокна незначительно превышала ширину волокон соответствующих мышц у контрольных животных (средняя ширина миосимпласта у контрольных животных составила 135,5±10,5

мк в диафрагме и 210,5±15,5 мк в икроножных мышцах), хотя ширина личинок обычно постоянна. По данным О. Н. Андреенова [1], лабораторный изолят ВИГИС имеет ширину 235,1±8,47 мк у крыс. У других изолятов ширина обычно отличается [10-15].

Диаметр миоцитов составляет от 2 до 20 мкм, а мышечного волокна не постоянны и определяется особенностями мышцы (мышечные волокна более толстые в мышцах спины и конечностей), полом, возрастом, особенностями кормления, физической активностью. Также, следует отметить изменения в структуре опорного аппарата (внешнего и внутреннего) при инвазии. Внешний аппарат обеспечивает поддержание формы мышечного волокна, в том числе и при внедрении личинок. Учитывая, что он содержит компоненты соединительно-тканной оболочки, то на формообразование волокна и личинки также будет влиять количество и качество соединительно-тканых волокон. Кроме того, следует учитывать возраст заражаемых животных: мышцы удлиняются до полового созревания и до 7–8 мес. у крыс компенсаторные процессы могут носить характер гипертрофии, в то время как у старых животных преобладают дистрофические процессы и истончение мы-

шечной ткани. Следует отметить, что волокна различаются не только по своим биохимическим особенностям, но и по размерам: у гликолитических волокон диаметр существенно больше, чем у оксидативных. Это сказывается на величине развиваемого ими напряжения. Число толстых и тонких филаментов на единицу площади поперечного сечения примерно одинаково для всех типов скелетных мышечных волокон. Таким образом, чем значительнее диаметр волокна, тем большее число параллельно задействованных толстых и тонких филаментов участвует в генерировании силы и тем больше максимальное напряжение мышечного волокна. Отсюда следует, что гликолитическое волокно, имеющее больший диаметр, развивает в среднем большее напряжение по сравнению с напряжением оксидативного волокна. Таким образом, капсулы трихинелл в данных волокнах более крупные как за счет меньшего сдавливания, так и наличия большего количества гликогена, служащего питательным субстратом для гельминта.

С другой стороны, на форму капсул влияют и свойства самих личинок: их размер, размещение внутри капсулы (спирально или вытянутые, скрепкообразные или s-образные). Личинки, находящиеся внутри преобразованной саркоплазмы, могут менять положение и конфигурацию, хотя известно, что скручивание в спираль представляет собой адаптивное состояние, обусловленное стремлением паразита к уменьшению поверхностного воздействия на ткани хозяина.

Заключение

Полученные результаты по изменчивости распределения личинок трихинелл и морфологическим особенностям их капсул указывают на адаптивные способности трихинелл к различным группам поперечнополосатой мышечной ткани хозяев. Отмечены закономерности морфометрических показателей симпластов с личинками и без (у контрольных животных) и индекса капсул личинок трихинелл, а также отличия в их распределении в различных группах мышц.

Установлено, что изменчивость расселения личинок при различных дозах заражения и морфологические особенности их капсул характеризуют особенности взаимоотношений

паразита и хозяина. Величина и форма капсулы паразита во многом зависят от состояния мышечной ткани хозяина.

Результаты исследований представляют важное значение не только с морфологических позиций, но и в рамках оптимизации трихинеллоскопического контроля при различной интенсивности инвазии [6, 7, 11, 14-17].

Список источников

1. Андреев О. Н. Сравнительная морфология капсул личинок трихинелл от разных видов хозяев // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2014. № 2 (22). С. 27-29.
2. Вазагова З. М., Бочарова М. М. Структура морфологического разнообразия капсулы личинок трихинелл в мышцах экспериментально зараженных млекопитающих // Российский паразитологический журнал. 2012. № 1. С. 21-28.
3. Жданова О. Б., Ашихмин С. П., Окулова И. И., Бельтюкова З. Н. Распространенность *T. spiralis* и некоторые особенности профилактики трихинеллеза в Кировской области // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 1 (286). С. 46-49.
4. Жданова О. Б., Распутин П. Г., Масленникова О. В. Трихинеллез плотоядных и биобезопасность окружающей среды // Экология человека. 2008. № 1. С. 9-11.
5. Жданова О. Б., Калужских Т. И., Ашихмин С. П., Масленникова О. В., Распутин П. Г., Мутушвили Л. Р. Гельминтозы собак Кировской области и биобезопасность окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 3. С. 49-53.
6. Жданова О. Б., Окулова И. И., Зарубин Б. Е., Домский И. А., Успенский А. В., Написанова Л. А., Россохин Д. В. Морфологические особенности и распределение личинок трихинелл в мышцах у рыси // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 2. С. 17-23. doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-2-17-23
7. Жданова О. Б., Написанова Л. А., Репина Е. В. Сравнительное изучение топографии кишечного-ассоциированной лимфоидной ткани стенки кишечника у песца при гельминтозах // Труды Всероссийского НИИ гельминтологии им. К. И. Скрябина. 2006. Т. 42. С. 131-138.
8. Мартусевич А. К., Жданова О. Б. Исследование зависимости кристаллогенной активности биосреды от интенсивности экспериментальной инвазии *Trichinella spiralis* // Российский паразитологический журнал. 2013. № 2. С. 64-71.

9. Написанова Л. А., Жданова О. Б., Ашихмин С. П., Окулова И. И., Андреев О. Н., Хайдарова А. А. Трихинеллез: некоторые аспекты его мониторинга и профилактики // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научной конференции. 2016. Вып. 17. С. 280- 282
10. Успенский А. В., Жданова О. Б., Андреев О. Н., Написанова Л. А., Малышева Н. С. Трихинеллоскопия туш домашних и диких животных // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 3. С. 71-75. doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-3-71-75
11. Успенский А. В., Написанова Л. А., Андреев О. Н., Жданова О. Б., Малышева Н. С. Основные направления совершенствования компрессорной трихинеллоскопии // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: сборник научных статей по материалам международной научной конференции. 2022. Вып. 23. С. 471-477. doi: 10.31016/978-5-6046256-9-9.2022.23.471-477
12. Успенский А. В., Арисов М. В., Гулюкин М. И., Скворцова Ф. К. Особенности ограничительных мероприятий при трихинеллезе // Российский паразитологический журнал. 2019. Т. 13. № 3. С. 88-92. doi: 10.31016/1998-8435-2019-13-3-88-92
13. Шайкенов Б. Ш. Биология возбудителей трихинеллеза и альвеолярного эхинококкоза. Алматы, 2003. 308 с.
14. Правила ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясопродуктов: сборник нормативных документов. М.: Изд-во Минсельхозпрода РФ, 1988. 223 с.
15. Эпидемиологический надзор за трихинеллезом: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 26 с.
16. Янченко А. Е., Чернигов В. Д., Крыжевич С. М. Сравнительное изучение методов обработки срезов для трихинеллоскопии мяса и мясных продуктов // Современные проблемы иммунологии, ветеринарии и животноводства. 1987. С. 77-78
17. Kim C. W., Pawłowski Z. S. Trichinellosis: proceedings of the Fourth International Conference on Trichinellosis, August 26-28, 1976, Poznań, Poland. P. 519-523.

Статья поступила в редакцию 25.07.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Жданова Ольга Борисовна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-4912-8518, oliabio@yandex.ru

Успенский Александр Витальевич, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-9115-9890, a.v.uspensky@yandex.ru

Написанова Людмила Александровна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-0894-827X, napisanova2015@yandex.ru

Россохин Дмитрий Владимирович, Вятский государственный агротехнологический университет (610017, г. Киров, Октябрьский пр-т, 133), г. Киров, Россия, ORCID ID: 0000-0002-1349-7955, r.dmitry@yandex.ru

Часовских Ольга Владимировна, Вятский государственный агротехнологический университет (610017, г. Киров, Октябрьский пр-т, 133), г. Киров, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-9492-4017, beoli@yandex.ru

Андреев Олег Николаевич, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0003-3357-9322, 1980oleg@mail.ru

Малышева Наталия Семеновна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-4659-5439, kurskparazitolog@yandex.ru

Качанова Екатерина Олеговна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9222-0531, kachanova@vniigis.ru

Вклад соавторов:

Жданова Ольга Борисовна – написание текста статьи, редактирование.

Успенский Александр Витальевич – научное руководство, утверждение окончательного варианта статьи.

Написанова Людмила Александровна – сбор материала.

Россохин Дмитрий Владимирович – сбор материала.

Часовских Ольга Владимировна – сбор материала.

Андреев Олег Николаевич – концепция исследования.

Малышева Наталия Семеновна – научное руководство.

Качанова Екатерина Олеговна – анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Andreanov O. N. Comparative morphology of capsules of larvae trichinella from different types of hosts. *Aktual'nyye voprosy veterinarnoy biologii = Actual questions of veterinary biology*. 2014; 2 (22): 27-29. (In Russ.)
2. Vazagova Z. M., Bocharova M. M. The structure of the morphological diversity of the capsule of trichinella larvae in the muscles of experimentally infected mammals. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2012; 1: 21-28. (In Russ.)
3. Zhdanova O. B., Ashikhmin S. P., Okulova I. I., Belyukova Z. N. Prevalence of *T. spiralis* and some features of prevention of trichinellosis in the Kirov region. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya = Public health and habitat*. 2017; 1 (286): 46-49. (In Russ.)
4. Zhdanova O. B., Rasputin P. G., Maslennikova O. V. Trichinellosis of carnivores and environmental biosafety. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2008; 1: 9-11. (In Russ.)
5. Zhdanova O. B., Kaluzhskikh T. I., Ashikhmin S. P., Maslennikova O. V., Rasputin P. G., Mutoshvili L. R. Helminthiasis of dogs of the Kirov region and environmental biosafety. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and applied ecology*. 2008; 3: 49-53. (In Russ.)
6. Zhdanova O. B., Okulova I. I., Zarubin B. E., Domsy I. A., Uspenskiy A. V., Napisanova L. A., Rossokhin D. V. Morphological features and distribution of *Trichinella* sp. larvae in the muscles of the lynx. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (2): 17-23. (In Russ.) doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-2-17-23
7. Zhdanova O. B., Napisanova L. A., Repina E. V. Comparative study of the topography of intestinal-associated lymphoid tissue of the intestinal wall in arctic fox with helminthiasis. *Trudy Vserossiyskogo NII gel'mintologii im. K. I. Skryabina = Proceedings of the All-Russian Research Institute of Helminthology named after K. I. Skryabin*. 2006; 42: 131-138. (In Russ.)
8. Martusevich A. K., Zhdanova O. B. Investigation of interaction between biological fluid crystallogenic activity and intensity of experimental infection by *Trichinella spiralis*. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2013; 2: 64-71. (In Russ.)
9. Napisanova L. A., Zhdanova O. B., Ashikhmin S. P., Okulova I. I., Andreyanov O. N., Haidarova A. A. *Trichinella* infection: some aspects of its monitoring and prophylaxis. «*Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii = «Theory and practice of combating parasitic diseases»: materials of scientific conference reports*. 2016; 17: 280- 282. (In Russ.)
10. Uspenskiy A. V., Zhdanova O. B., Andreyanov O. N., Napisanova L. A., Malysheva N. S. Trichinelloscopy of domestic and wild animal carcasses. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (3): 71-75. (In Russ.) doi:10.31016/1998-8435-2021-15-3-71-75
11. Uspenskiy A. V., Pisanova L. A., Andreyanov O. N., Zhdanova O. B., Malysheva N. S. The main directions of improvement of compressor trichinelloscopy. «*Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: sbornik nauchnykh statey po materialam mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = «Theory and practice of combating parasitic diseases»: collection of scientific articles based on the materials of the international scientific conference*. 2022; 23: 471-477. (In Russ.) doi: 10.31016/978-5-6046256-9-9.2022.23.471-477
12. Uspenskiy A. V., Arisov M. V., Guliukin M. I., Skvortsova F. K. Patterns of restrictive measures in the case of trichinellosis. Myth or reality. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2019; 13 (3): 88-92. (In Russ.) doi: 10.31016/1998-8435-2019-13-3-88-92
13. Shaikenov B. Sh. Biology of the agent trichinellosis and alveolar echinococcosis. *Almaty*, 2003; 308.
14. Rules of veterinary inspection of slaughter animals and veterinary and sanitary examination of meat and meat products: collection of regulatory documents. Moscow, Publishing House of the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation, 1988; 223. (In Russ.)
15. Epidemiological surveillance of trichinosis: Methodological guidelines. Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2014; 26. (In Russ.)
16. Yanchenko A. E., Chernigov V. D., Kryzhevich S. M. Comparative studying of methods to process the cuts for meat and meat products trichinoscopy. *Sovremennyye problem immunologii, veterinarii i zhivotnovodstva = Modern immunology, veterinary and animal husbandry problems*. Vitebsk, 1987; 77-78. (In Russ.)
17. Kim K. V., Pavlovsky Z. S. Trichinosis: proceedings of the Fourth International Conference on Trichinosis, August 26-28, 1976, Poznan, Poland. 519-523.

The article was submitted 25.07.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Zhdanova Olga B., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0003-4912-8518, oliabio@yandex.ru

Uspensky Alexander V., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0001-9115-9890, a.v.uspensky@yandex.ru

Napisanova Lyudmila A., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0003-0894-827X, napisanova2015@yandex.ru

Rossokhin Dmitry V., Vyatka State Agrotechnological University (610017, Kirov, Oktyabrsky pr-t, 133), Kirov, Russia, ORCID ID: 0000-0002-1349-7955, r.dmitry@yandex.ru

Chasovskikh Olga V., Vyatka State Agrotechnological University (610017, Kirov, Oktyabrsky pr-t, 133), Kirov, Russia, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0001-9492-4017, beoli@yandex.ru

Andreyanov Oleg N., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Doctor of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0003-3357-9322, 1980oleg@mail.ru

Malysheva Natalia S., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Doctor of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0002-4659-5439, kurskparazitolog@yandex.ru

Kachanova Ekaterina O., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-9222-0531, kachanova@vniigis.ru

Contribution of co-authors:

Zhdanova Olga B. – writing the text of the article, editing.

Uspensky Alexander V. – scientific guidance, approval of the final version of the article.

Napisanova Lyudmila A. – collection of material.

Rossokhin Dmitry V. – collection of material.

Chasovskikh Olga V. – collection of material.

Andreyanov Oleg N. – the concept of the study.

Malysheva Natalia S. – scientific guide.

Kachanova Ekaterina O. – analysis and interpretation of the obtained data, preparation of the article.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.9

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-84-90>

Идентификация таксономической принадлежности криптоспоридий у поросят в условиях северо-запада РФ при помощи молекулярно-генетических методов

Андрей Леонидович Кряжев¹, Артём Сергеевич Новиков²

^{1,2} ФГБОУ ВО Вологодская Государственная молочноехозяйственная академия им. Н. В. Верещагина, Вологда, Россия

¹ kamarnett@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7015-8063>

² vetnovikov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6919-8524>

Аннотация

Цель исследований – определение таксонов представителей рода *Cryptosporidium* у поросят при помощи молекулярно-генетических методик в условиях северо-запада РФ.

Материалы и методы. Пробы фекалий брали у поросят разного возраста в хозяйствах различных форм собственности, отличающихся климатогеографической зоной и технологией содержания животных на территории Вологодской области. При помощи микроскопических методов исследования выявляли «положительные» пробы, в которых присутствовали представители рода *Cryptosporidium*, сортировали их и подвергали глубокой заморозке. Затем пробы исследовали с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ». Идентификацию видов рода *Cryptosporidium* в пробах фекалий сельскохозяйственных животных проводили с помощью высокопроизводительного секвенирования ампликонных библиотек фрагментов гена 18S рРНК, полученных в результате проведения вложенной полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Результаты и обсуждение. Была создана система праймеров для вложенной ПЦР, амплифицирующих потенциально видоспецифичный участок гена 18S рРНК размером 393 н.о. Последовательность праймера ILL_R2_Zheng была модифицирована с внесением вырожденных позиций с целью сделать праймер более универсальным. В результате секвенирования библиотек фрагментов гена 18S рРНК, полученных с использованием выбранных праймеров, и последующего таксономического анализа полученных нуклеотидных последовательностей, было показано, что во всех исследованных образцах присутствуют представители только одного вида *Cryptosporidium scrofarum*.

Ключевые слова: криптоспоридиоз, *Cryptosporidium scrofarum*, ооцисты, таксономия, ПЦР, ДНК, секвенирование, 18S рРНК, поросята, Вологодская область

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-00002 (<https://rscf.ru/project/22-26-00002/>).

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Кряжев А. Л., Новиков А. С. Идентификация таксономической принадлежности криптоспоридий у поросят в условиях северо-запада РФ при помощи молекулярно-генетических методов // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 84–90.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-84-90>

© Кряжев А. Л., Новиков А. С., 2023



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

Original article

Identification of the taxonomic affiliation of *Cryptosporidium* spp. in piglets in the conditions of the north-west of the Russian Federation using molecular genetic methods

Andrey L. Kryazhev¹, Artem S. Novikov²

^{1,2} FSBEI HE Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin, Vologda, Russia

¹ kamarnett@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7015-8063>

² vetnovikov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6919-8524>

Abstract

The purpose of the research is to determine taxa of the genus *Cryptosporidium* species in pigs using molecular genetic methods in the north-west of the Russian Federation.

Materials and methods. Fecal samples were taken from pigs of different age groups on farms of different types of incorporation that differ in climatic and geographical zones and animal keeping technologies in the Vologda Region. Microscopic research methods identified “positive” samples in which *Cryptosporidium* species were present; they were sorted out and deep-frozen. Then the samples were examined using the equipment of the resource center «Genomic Technologies, Proteomics and Cell Biology» of ARRIAM. The *Cryptosporidium* species in the fecal samples from farm animals were identified using high-throughput sequencing of 18S rRNA gene amplicon libraries obtained by a nested polymerase chain reaction (PCR) assay.

Results and discussion. A primer system was designed for the nested PCR to amplify a potentially species-specific 393 bp fragment of the 18S rRNA gene. The sequence of the ILL_R2_Zheng primer was modified with included degenerated positions to make the primer more versatile. As a result of sequencing of the libraries of 18S rRNA gene fragments obtained with the selected primers and subsequent taxonomic analysis of the nucleotide sequences, it was shown that all the studied samples included representatives of only one species, *Cryptosporidium scrofarum*.

Keywords: cryptosporidiosis, *Cryptosporidium scrofarum*, oocysts, taxonomy, PCR, DNA, sequencing, 18S rRNA, pigs, Vologda Region

Acknowledgements. The study was carried out using the equipment of the resource center «Genomic Technologies, Proteomics and Cell Biology» of ARRIAM. The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 22-26-00002 (<https://rscf.ru/project/22-26-00002/>).

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

There is no conflict of interests.

For citation: Kryazhev A. L., Novikov A. S. Identification of the *Cryptosporidium* taxonomic affiliation in pigs in the north-west of the Russian Federation using molecular genetic methods. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):84–90. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-84-90>

© Kryazhev A. L., Novikov A. S., 2023

Введение

Криптоспоридии – паразитические простейшие, обнаруженные у животных в различных странах мира [11]. В России они впервые были выявлены у телят в 1983 г. [6], а в дальнейшем и у других видов животных, в

том числе, у поросят [1, 2]. Криптоспоридиоз широко распространен среди сельскохозяйственных животных в условиях северо-запада РФ [3-5, 7].

В РФ исследования по изучению криптоспоридиоза у животных практически не про-

водятся, а имеющиеся данные, основанные лишь на результатах микроскопических методик, с учетом новейших знаний, не являются актуальными.

Для видовой идентификации простейших рода *Cryptosporidium* в настоящее время используют анализ нуклеотидной последовательности (секвенирование) фрагментов гена малой субъединицы эукариотической рибосомы (18S рРНК). Криптоспоридии присутствуют в фекалиях в очень незначительном количестве, в связи с чем получение фрагментов гена 18S рРНК в достаточном для секвенирования количестве достигается благодаря использованию так называемого nested (вложенной) ПЦР – двух последовательных раундов ПЦР с двумя различными парами праймеров.

Впервые об использовании молекулярных методов для видовой идентификации криптоспоридий сообщали китайские исследователи [12, 13], которые подобрали ПЦР-праймеры к участкам гена 18S рРНК, родоспецифичных для *Cryptosporidium*, фланкирующих видоспецифичные последовательности этого гена. В качестве матрицы была использована ДНК, выделенная из очищенных ооцист. Размер конечного амплифицированного ДНК-фрагмента составлял 820 п.н.

Секвенирование фрагментов проводили по методу Сэнджера [10]. Использование этого метода, однако, требует высокой однородности амплифицированных фрагментов, что трудно достижимо при видовой идентификации криптоспоридий в фекалиях животных. ДНК, выделенная из таких образцов, представляет собой смесь геномов, принадлежащих различным эукариотическим организмам. Поскольку ген 18S рРНК эволюционно консервативен, то с большой вероятностью в результате ПЦР с праймерами, специфичными к этому гену, будет получен гетерогенный амплификат, что сделает секвенирование по методу Сэнджера невозможным без трудоёмкой процедуры клонирования ампликонов. Та же проблема возникнет, если в фекалиях присутствует несколько видов рода *Cryptosporidium*.

В последнее время для идентификации криптоспоридий всё чаще стали использовать метод высокопроизводительного секвенирования, разработанный компанией Illumina, позволяющий прочитывать нуклеотидные по-

следовательности миллионов индивидуальных ДНК-фрагментов, одновременно не разделяя их после амплификации, что снимает проблему гетерогенности матрицы [8]. Но, этот метод не позволяет секвенировать ДНК-фрагменты длиной свыше 500 нуклеотидов, в связи с чем требует особой тщательности в выборе праймеров для таксономического анализа.

Целью наших исследований было определение таксонов представителей рода *Cryptosporidium* у поросят при помощи молекулярно-генетических методик в условиях северо-запада РФ.

Материалы и методы

Данные исследования в Российской Федерации были выполнены впервые.

Взятие фекалий для исследований проводили в промышленных свинокомплексах и частных фермерских хозяйствах по выращиванию свиней в условиях Вологодской области.

Для обнаружения криптоспоридий, а также для определения интенсивности криптоспоридиозной инвазии поросят пробы с соблюдением температурных условий в стерильных термokonтейнерах доставляли в лабораторию на базе факультета ветеринарной медицины и биотехнологий ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. Готовили нативные мазки, концентрированные препараты ооцист при помощи флотационных и центрифужно-флотационных методик с окрашиванием микропрепаратов по Циль-Нильсену и последующим микроскопированием и идентификацией до рода *Cryptosporidium*. Далее, «положительные» пробы сортировали, подвергали замораживанию и доставляли в лабораторию. Всего исследовано 400 проб фекалий от разных животных.

Работу проводили с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИИСХМ.

Идентификацию видов рода *Cryptosporidium* в пробах фекалий сельскохозяйственных животных осуществляли с помощью высокопроизводительного секвенирования ампликонных библиотек фрагментов гена 18S рРНК, полученных в результате nested (вложенной) ПЦР. В качестве матрицы использовали тотальную ДНК, выделенную из проб фекалий модифицированным СТАВ методом [9]. Разрушение микроорганизмов в пробах прово-

дили с помощью шарикового гомогенизатора Precellys 24 (Bertin Technologies, Франция) со скоростью 6000 встряхиваний в минуту два раза по 30 с. Для получения библиотек фрагментов гена 18S рРНК использовали nested ПЦР. Первый раунд ПЦР (ПЦР1) проводили с парой праймеров F1_Zheng/R1_Zheng, амплифицирующих фрагмент ДНК размером приблизительно 1325 п.о. В 15 мкл реакционной смеси содержалось 0,5–1 единиц активности полимеразы Q5® High-Fidelity DNA Polymerase (NEB, США), по 5 пкМ прямого и обратного праймеров, 1–10 нг ДНК-матрицы и 2 нМ каждого dNTP (LifeTechnologies). Смесь денатурировали при 94 °С 1 мин., после чего следовало 40 циклов: 94 °С – 30 с, 55 °С – 30 с, 72 °С – 1 мин. Финальную элонгацию проводили при 72 °С 3 мин. Затем, полученный амплификат разводили в 20 раз и 1 мкл использовали в качестве матрицы для проведения второго раунда ПЦР (ПЦР2) с праймерами ILL_400F/ILL_R2_Zheng, к которым были присоединены адаптеры (Illumina, США). Условия проведения второго раунда ПЦР были аналогичны первому, но число циклов было уменьшено до 35. Размер амплификата составил 440 п.о. ПЦР продукты очищали по рекомендованной компанией Illumina методике с использованием магнитных частиц AM Pure XP (BeckmanCoulter, США).

Индексирование ампликонов, подготовку библиотек и секвенирование проводили в соответствии с рекомендациями производителя для работы на приборе «Illumina MiSeq» (Illumina, США) с использованием набора реагентов MiSeq® ReagentKit v3 (600 cycle) с двусторонним чтением (2*300 н).

Полученные результаты обрабатывали с помощью ПО Illumina (тримминг и демультимплексирование) и пакета dada2 в программной среде R (фильтрация по качеству, дерепликация данных, денойзинг, объединение последовательностей и идентификация ASV (amplicon sequence variant)). Таксономическую принадлежность последовательностей определяли с помощью blastn в базе данных GenBank.

Результаты и обсуждение

На основании литературных данных [8, 14], была создана система праймеров (табл.) для nested (вложенной) ПЦР, амплифицирующих потенциально видоспецифичный участок гена 18S рРНК размером 393 н.о. и удовлетворяющая возможностям высокопроизводительного секвенирования по технологии Illumina. Последовательность праймера ILL_R2_Zheng была модифицирована с внесением вырожденных позиций с целью сделать праймер более универсальным.

Таблица [Table]

Система праймеров, используемых для секвенирования
[Primer system used for sequencing]

№ п/п	Праймер [Primer]	Последовательность праймера [Primer sequence] (5'-3')	Размер ампликона, п.о. [Amplicon size, b.p.]	Ссылка [Link]
ПЦР 1				
1	F1_Zheng	TTCTAGAGCTAATACATGCG	1325	S. Zheng et al., 2019
2	R1_Zheng	CCCATTTCCTTCGAAACAGGA		S. Zheng et al., 2019
ПЦР 2				
3	ILL_400F	tctcggcagcgtcagatgtgtataagagacag* GTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAG	507 (393 без адаптеров) [(393 without adapters)]	A. Kaupke et al., 2017
4	ILL_R2_Zheng	tctcgtgggctcggagatgtgtataagagacag* AARGAGTAAGSGAACACCTCCA		S. Zheng et al., 2019

Примечание [Note]. * Строчными буквами обозначены адаптеры Illumina [Lowercase letters denote Illumina adapters]

Для выяснения возможности дифференциации видов криптоспоридий на основании нуклеотидных последовательностей данного участка из базы данных GenBank были привлечены гомологичные последовательности, принадлежащие к различным видам рода

Cryptosporidium; проведено выравнивание этих последовательностей.

Анализ нуклеотидного полиморфизма и его распределения в последовательностях показал, что все виды криптоспоридий демонстрируют довольно высокую специфичность

и могут быть с большой вероятностью идентифицированы. Однако, следует отметить, что нуклеотидный полиморфизм внутри видов также имеет место. Интересно, что, по всей видимости, полиморфизм инделей несколько более специфичен, чем полиморфизм нуклеотидных замен. Более того, не исключено, что создание диагностикума, использующего особенности распределения инделей, может оказаться довольно удобным орудием для криптоспоридий.

В результате секвенирования библиотек фрагментов гена 18S рРНК, полученных с использованием выбранных праймеров и последующего таксономического анализа полученных нуклеотидных последовательностей, было показано, что во всех исследованных образцах присутствуют представители только одного вида *Cryptosporidium scrofarum*. Незначительный нуклеотидный полиморфизм, присутствующий во всех представленных последовательностях, свидетельствует о наличии аллельных вариаций или о существовании неизвестных, очень близкородственных, видов.

Из приведенных результатов видно, что выбранная система праймеров очень специфична к последовательностям гена 18S рРНК рода *Cryptosporidium*. Однако, в ряде случаев процент нуклеотидных последовательностей, не относящихся к криптоспоридиям, превышает 50%, что говорит о верности выбранного метода для идентификации микроорганизмов. Метод секвенирования по Сэнджеру в этих случаях не позволил бы получить какого-либо положительного результата.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в свиноводческих хозяйствах Вологодской области таксономический состав криптоспоридий представлен видом *Cryptosporidium scrofarum*. В Российской Федерации данный вид криптоспоридий выявлен впервые.

Для дальнейших исследований, несомненно, требуется широкий анализ генетического разнообразия криптоспоридий, так как в соответствии с приведенными данными их реальный полиморфизм может оказаться гораздо выше, чем это ранее предполагалось. Здесь могут быть использованы как подходы, связанные с высокопроизводительным секве-

нированием (расширение спектра исходных образцов от различных животных, связанных как филогенетическим родством (кабаны, мини-пиги и пр.), так и трофическими связями или общностью обитания, так и подходы, связанные с расширением репертуара используемых праймеров, сконструированных с учетом всех выявленных в базах данных полиморфизмов.

Список источников

1. Васильева В. А. Криптоспоридиоз и эзофагостомоз свиней при моноинвазиях и паразитоценозе: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. М., 1998. 41 с.
2. Горбов Ю. К., Мачинский А. П. Распространение ассоциативных заболеваний сельскохозяйственных животных и опыт борьбы с ними в Мордовской АССР // Паразитоценозы и ассоциативные болезни. М., 1984. С. 235–252.
3. Кряжев А. Л. Криптоспоридиоз телят в хозяйствах молочной специализации Северо-Запада России (эпизоотология, клиническая картина, терапия и профилактика): дис. ... канд. вет. наук. М., 2005. 152 с.
4. Кряжев А. Л., Лемехов П. А. Криптоспоридиоз телят в хозяйствах молочной специализации Северо-Западного региона России. Монография. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2010. 111 с.
5. Кряжев А. Л., Новиков А. С., Никитин В. Ф. Эпизоотологическая ситуация по криптоспоридиозу поросят в промышленном свиноводстве Вологодской области // Ветеринария. 2020. № 1. С. 30–34. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.1.30-34>
6. Никитин В. Ф., Павласек И. Ассоциация гельминтов и кокцидий у телят в животноводческих комплексах // II Всесоюзный съезд паразитологов: тезисы докладов (Киев, октябрь 1983). Киев: Наукова думка, 1983. С. 235–246.
7. Новиков А. С., Кряжев А. Л. Криптоспоридиоз поросят в условиях северо-западного Нечерноземья РФ. Монография. Вологда-Молочное: Вологодская ГМХА, 2022. 112 с.
8. Kaupke A., Gawor J., Rzeżutka A., Gromadka R. Identification of pig-specific *Cryptosporidium* species in mixed infections using Illumina sequencing technology. *Experimental parasitology*. 2017; 182. 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2017.09.020>
9. Rahimah A. B., Cheah S. C., Rajinder S. Freeze-drying of oil palm (*Elaeis guineensis*) leaf and its effect on the quality of extractable DNA. *J. Oil Palm Res.* 2006; 18. 296–304.

10. Sanger F., Nicklen S., Coulson A. R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the national academy of sciences*. 1977; 74 (12): 5463-5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
11. Wang R., Qiu S., Jian F., Zhang S., Shen Y., Zhang L., Ning C., Cao J., Qi M., Xiao L. Prevalence and molecular identification of *Cryptosporidium* spp. *Parasitol. Res.* 2010; 107: 1489–1494. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2024-6>
12. Xiao L., Morgan U. M., Limor J., Escalante A., Arrowood M., Shulaw W., Lal A. A. Genetic diversity within *Cryptosporidium parvum* and related *Cryptosporidium* species. *Applied and environmental microbiology*. 1999; 65 (8): 3386-3391. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.8.3386-3391.1999>
13. Xiao L. Molecular epidemiology of cryptosporidiosis: an update. *Exp. Parasitol.* 2010; 124: 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2009.03.018>
14. Zheng S., Li D., Zhou C., Zhang S., Wu Y., Chang Y., Zhang L. Molecular identification and epidemiological comparison of *Cryptosporidium* spp. among different pig breeds in Tibet and Henan, China. *BMC veterinary research*. 2019; 15 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1847-3>

Статья поступила в редакцию 12.10.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Кряжев Андрей Леонидович, ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА (160555, г. Вологда, п. Молочное, ул. Шмидта, 2), г. Вологда, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-7015-8063, karnett@mail.ru

Новиков Артём Сергеевич, ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА (160555, г. Вологда, п. Молочное, ул. Шмидта, 2), г. Вологда, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0002-6919-8524, vetnovikov@yandex.ru

Вклад соавторов:

Кряжев Андрей Леонидович – обзор литературных источников по проблеме, отбор проб, их подготовка и исследование, критический анализ материала и формирование выводов.

Новиков Артём Сергеевич – отбор проб, их подготовка и исследование, обзор литературных источников по проблеме, корректировка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Vasilyeva V. A. Cryptosporidiosis and esophagostomosis of pigs with monoinfections and parasitocenosis: autoref. dis. ... *Dr. Vet. Sci. M.*, 1998; 41. (In Russ.)
2. Gorbov Yu. K., Machinsky A. P. The spread of associated diseases in livestock animals and best practices of their control in the Mordovian Autonomous Soviet Socialist Republic. *Parasitocenosis and associated diseases*. M., 1984; 235–252. (In Russ.)
3. Kryazhev A. L. Cryptosporidiosis of calves on dairy farms in the north-west of Russia (epizootology, clinical picture, therapy and prevention): autoref. dis. ... *Cand. Vet. Sci. M.*, 2005; 152. (In Russ.)
4. Kryazhev A. L., Lemekhov P. A. Cryptosporidiosis of calves on dairy farms of the north-west of Russia. *Monograph. Vologda-Molochnoe: Information Center of the Vologda State Dairy Farming Academy*, 2010; 111. (In Russ.)
5. Kryazhev A. L., Novikov A. S., Nikitin V. F. Epizootological situation on cryptosporidiosis in pigs in the industrial pig breeding in the Vologda Region. *Veterinariya = Veterinary Medicine*. 2020; 1: 30–34. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.1.30-34>
6. Nikitin V. F., Pavlasek I. Helminth and coccidia association in calves in livestock complexes. II All-Union Congress of Parasitologists: Abstracts (Kiev, October 1983). Kiev: Naukova Dumka, 1983; 235–246. (In Russ.)
7. Novikov A. S., Kryazhev A. L. Cryptosporidiosis of pigs in the northwestern Non-Black Earth Zone of the Russian Federation. *Monograph. Vologda-Molochnoe: Vologda State Dairy Farming Academy*, 2022; 112. (In Russ.)
8. Kaupke A., Gawor J., Rzeżutka A., Gromadka R. Identification of pig-specific *Cryptosporidium* species in mixed infections using Illumina sequencing technology. *Experimental parasitology*. 2017; 182: 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2017.09.020>
9. Rahimah A. B., Cheah S. C., Rajinder S. Freeze-drying of oil palm (*Elaeis guineensis*) leaf and its effect on the quality of extractable DNA. *J. Oil Palm Res.* 2006; 18: 296–304.

10. Sanger F, Nicklen S., Coulson A. R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the national academy of sciences*. 1977; 74 (12): 5463-5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
11. Wang R., Qiu S., Jian F., Zhang S., Shen Y., Zhang L., Ning C., Cao J., Qi M., Xiao L. Prevalence and molecular identification of *Cryptosporidium* spp. *Parasitol. Res.* 2010; 107. 1489–1494. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2024-6>
12. Xiao L., Morgan U. M., Limor J., Escalante A., Arrowood M., Shulaw W., Lal A. A. Genetic diversity within *Cryptosporidium parvum* and related *Cryptosporidium* species. *Applied and environmental microbiology*. 1999; 65 (8): 3386-3391. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.8.3386-3391.1999>
13. Xiao L. Molecular epidemiology of cryptosporidiosis: an update. *Exp. Parasitol.* 2010; 124. 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2009.03.018>
14. Zheng S., Li D., Zhou C., Zhang S., Wu Y., Chang Y., Zhang L. Molecular identification and epidemiological comparison of *Cryptosporidium* spp. among different pig breeds in Tibet and Henan, China. *BMC veterinary research*. 2019; 15 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1847-3>

The article was submitted 12.10.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Kryazhev Andrey L., FSBEI HE Vologda State Dairy Farming Academy (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, 160555), Vologda, Russian Federation, Doctor of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0001-7015-8063, kamarnett@mail.ru

Novikov Artem S., FSBEI HE Vologda State Dairy Farming Academy (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, 160555), Vologda, Russian Federation, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0002-6919-8524, vetnovikov@yandex.ru

Contribution of co-authors:

Kryazhev Andrey L. – review of literary sources on the issue, sampling, their preparation and research, critical analysis of the material and conclusions.

Novikov Artem S. – sampling, their preparation and research, review of literary sources on the issue, article correction.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616-078

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-91-98>

Сравнительная диагностическая эффективность микроскопии, комбинированной флотации и полимеразной цепной реакции для выявления *Giardia spp.* у собак и кошек

Ольга Петровна Курносова¹, Валерий Сергеевич Зайцев²,
Михаил Владимирович Арисов³

^{1,3} Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

² Ветеринарная лаборатория ООО «Зайцев плюс», Москва, Россия

¹ kurnosova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3248-8931>

² vetlabplus@gmail.com

³ director@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

Аннотация

Цель исследований – провести сравнительную диагностическую эффективность микроскопии, комбинированного флотационного метода и полимеразной цепной реакции (ПЦР), используемых для выявления *Giardia spp.* у собак и кошек.

Материалы и методы. Сравнение эффективности трех методов выявления *Giardia spp.* провели на 60 пробах фекалий от собак и кошек из ветеринарной лаборатории «Зайцев +» и «Пастер».

Результаты и обсуждение. Наибольшая диагностическая эффективность установлена у ПЦР – 78,3%; диагностическая эффективность комбинированной флотации составила 68,3%; наименьшая диагностическая эффективность установлена у метода микроскопии – 43,3%. Комбинированный флотационный метод выявления гиардий широко используется в лабораторной практике, так как позволяет помимо гиардий выявлять других кишечных паразитов. Микроскопия – наиболее быстрый и простой метод для выявления не только гиардий, но и других кишечных паразитов.

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция (ПЦР), микроскопия, комбинированный флотационный метод, диагностическая эффективность, гиардии, *Giardia spp.*, собаки, кошки

Благодарность. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), составляющей основу государственного задания № FGUG-2022-0012.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Курносова О. П., Зайцев В. С., Арисов М. В. Сравнительная диагностическая эффективность микроскопии, комбинированной флотации и полимеразной цепной реакции для выявления *Giardia spp.* у собак и кошек // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 91–98.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-91-98>

© Курносова О. П., Зайцев В. С., Арисов М. 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

Comparative diagnostic efficacy of microscopy, combined flotation and polymerase chain reaction to detect *Giardia* spp. in dogs and cats

Olga P. Kurnosova¹, Valery S. Zaitsev², Mikhail V. Arisov³

^{1,3}All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV” (VNIIP – FSC VIEV), Moscow, Russia

²Zaitsev Plus LLC Veterinary Laboratory, Moscow, Russia

¹kurnosova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3248-8931>

²vetlabplus@gmail.com

³director@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2103-8468>

Abstract

The purpose of the research is to perform a comparative diagnostic efficacy of microscopy, combined flotation method and polymerase chain reaction (PCR) used to detect *Giardia* spp. in dogs and cats.

Materials and methods. The efficacy was compared between three methods to detect *Giardia* spp. on 60 fecal samples from dogs and cats from the Zaitsev+ and Paster Veterinary Laboratory.

Results and discussion. The highest diagnostic efficacy was established for PCR, 78.3%; the diagnostic efficacy of combined flotation was 68.3%; the lowest diagnostic efficacy was found for the microscopy method, 43.3%. The combined flotation method to detect *Giardia* spp. is widely used in laboratory practice as it allows detection of other intestinal parasites in addition to *Giardia* spp. Microscopy is the fastest and simplest method for detecting not only *Giardia* spp. but also other intestinal parasites.

Keywords: polymerase chain reaction (PCR), microscopy, combined flotation method, diagnostic efficacy, *Giardia*, *Giardia* spp., dogs, cats

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: Kurnosova O. P., Zaitsev V. S., Arisov M. V. Comparative diagnostic efficacy of microscopy, combined flotation and polymerase chain reaction to detect *Giardia* spp. in dogs and cats. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):91–98. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-91-98>

© Kurnosova O. P., Zaitsev V. S., Arisov M. V., 2023

Введение

Giardia lamblia (*Giardia duodenalis*, *Giardia* spp.) – широко распространенные жгутиковые простейшие, которые паразитируют в тонком отделе кишечника организма хозяина [2, 5, 17]. Гиадии способны заражать широкий круг восприимчивых хозяев – от диких, домашних, сельскохозяйственных животных и человека до рыб, амфибий, рептилий, птиц и грызунов [3, 5, 13, 14, 17].

Гиариоз на сегодняшний день имеет большое значение как для ветеринарии, так и для здравоохранения из-за глобального распространения простейших, вызывающих это заболевание, среди людей и животных [6, 10]. В научном сообществе уделяется большое внимание вопросам, лежащим в основе раскрытия механизмов распространения гиаридий среди людей, животных и окружающей среды и выяснению резервуаров инфекции для человека [17].

В городах насчитывается большое поголовье домашних собак и кошек, которые живут в тесном контакте с людьми и инвазию, вызванную *Giardia* spp. у животных, выявляют довольно часто [1, 9, 18, 20]. Гиардии вызывают нарушение работы желудочно-кишечного тракта с различными симптомами [8, 23].

В связи с тем, что болезнь часто протекает бессимптомно, необходимо проводить профилактические исследования с целью выявления гиардий [11, 14, 23, 25]. В городах внешняя среда является одним из факторов передачи не только гиардиозной инвазии, но и других паразитарных болезней, чему способствует скученное содержание животных, использование одних маршрутов выгула, контакт с фекалиями других животных, включая бездомных [16]. Правильная и своевременная диагностика гиардиоза у домашних животных позволяет проводить эффективные лечебные и профилактические мероприятия, которые будут способствовать улучшению здоровья животных и прекращению контаминации цистами простейших внешней среды.

Для диагностики гиардиоза в лабораториях используют паразитологические методы – микроскопию, флотацию, эфирно-формалиновое осаждение и готовые диагностические тесты: иммунохроматографические, иммуноферментный анализ для выявления антигенов гиардий и полимеразную цепную реакцию (ПЦР) [21].

Целью нашего исследования было сравнение применяемых в лабораторной практике методов диагностики гиардиоза у домашних собак и кошек: микроскопии, комбинированного флотационного метода и ПЦР.

Материалы и методы

Для сравнения было проведено исследование 60 проб фекалий от собак и кошек в лабораториях «Пастер» и «Зайцев +» города Москвы, поступающие для паразитологического исследования.

Для проведения микроскопии каплю каловой эмульсии, приготовленной с дистиллированной водой, помещали на предметное стекло, добавляли одну каплю 2%-ного раствора Люголя, накрывали покровным стеклом и микроскопировали [2].

Для выявления цист гиардий комбинированным флотационным способом 1 г фека-

лий размешивали с дистиллированной водой, фильтровали и центрифугировали при 1500 об/мин; надосадочную жидкость сливали, к осадку добавляли раствор сульфата цинка плотностью 1,24 и снова центрифугировали при 1500 об/мин 3 мин. Гельминтологической петлей пленку с поверхности раствора переносили на предметное стекло и микроскопировали при увеличениях микроскопа (Joint stock company Lomo, Россия) $\times 10$ и 40 . Наличие гиардий определяли по морфологическим особенностям строения цист [2, 3]. Помимо выявления в исследуемых пробах фекалий цист или трофозоитов гиардий, проводили учет наличия других видов простейших, яиц и личинок гельминтов.

Для выделения ДНК из проб использовали коммерческий набор «Зайцев+ EХТ» (ООО «Зайцев+», Россия). 0,1 г фекалий растворяли в 1 мл 0,9%-ного раствора натрия хлорида, тщательно ресуспендировали, инкубировали 10 мин при комнатной температуре и на выделение ДНК брали 100 мкл надосадочной жидкости. В реакционную смесь добавляли 10 мкл выделенной ДНК. Реакционная смесь ПЦР включала: 5 мкл смеси праймеров (5 пмоль каждого праймера и 2 пмоль зонда), 10 мкл ПЦР-буфера, 0,5 мкл TaqF-полимеразы (5 ед/мкл). Общий объем реакционной смеси составлял 25 мкл. Программа амплификации включала следующие параметры: 95 °С – 15 мин, 95 °С – 20 с, 60 °С – 40 с, число циклов – 40. Детекцию результатов проводили при 60 °С. Для амплификации и детекции результатов использовали амплификатор CFX-96 (BioRad, США), для обработки результатов – софт CFX Maestro (BioRad, США).

При сравнении эффективности трех методов выявления гиардий использовали метод хи-квадрат, а также z-тест для попарного сравнения доли положительных проб. Полученные результаты анализировали с использованием статистического пакета СПСС версии 26.0.

Результаты и обсуждение

Установлены статистически значимые отличия в эффективности исследованных методов ($\chi^2(2) = 16,794$, $P < 0,001$). Доля правильного выявления гиардий оказалась статистически выше методом ПЦР ($P < 0,001$) – 78,3% по сравнению с методом флотации (P

= 0,017) – 68,3%. Эффективность выявления гиардий методом микроскопии была значительно ниже и составила 43,3%. Однако, на

данной выборочной совокупности статистически значимых отличий между методами флотации и ПЦР не выявлено (табл.).

Таблица [Table]

Сравнительная эффективность методов диагностики гиардиоза: ПЦР, комбинированной флотации и микроскопии
[Comparative efficiency of methods for diagnosing giardiasis: polymerase chain reaction, combined flotation and microscopy]

Метод диагностики [Diagnostic method]	Результат теста [Test result]			
	отрицательные пробы [negative samples]		положительные пробы [positive samples]	
	число [number]	%	число [number]	%
Комбинированная флотация [Combined flotation]	19	31,7	41	68,3
Микроскопия [Microscopy]	34	56,7	26	43,3
ПЦР [Polymerase chain reaction]	13	21,7	47	78,3

Микроскопия и флотация выявляют трофозоиты и/или цисты гиардий, методы ПЦР, основанные на амплификации фрагментов генов, позволяют обнаруживать ДНК *Giardia* spp., а также проводить генотипирование. Другие методы, например, ИФА или ИХА, выявляют копроантителы.

Одним из наиболее чувствительных и специфичных методов обнаружения *Giardia* spp. является иммунофлуоресценция; данный метод является эталонным для выявления этих простейших [29]. В работе мы не использовали метод, который мог бы послужить диагностическим эталоном для выявления гиардий, поэтому пробы, используемые для сравнения, не были заведомо положительными или отрицательными. Если хотя бы один из методов давал положительный результат, пробу считали положительной на наличие гиардий.

Одна из 13 отрицательных проб по результатам ПЦР и микроскопии при проведении комбинированной флотации выявила цисты гиардий; одна из положительных проб при ПЦР и микроскопии не выявила гиардий методом комбинированной флотации. Таким образом, по итогам применения трех методов можно утверждать, что положительных проб было 48.

Являясь наиболее простым и быстрым способом паразитологического анализа, метод микроскопии значительно уступает по диагностической эффективности другим методам [11]. Наши исследования согласуются с этими данными. Диагностическая эффективность микроскопии по сравнению с флотаци-

ей и ПЦР была значительно ниже и составила 43,3%. Флотация с использованием центрифугирования с раствором сульфата цинка существенно увеличивала диагностическую эффективность по сравнению с микроскопией [9, 12]. Чувствительность метода в нашем исследовании составила 68,2%. Большой диагностической эффективностью обладает метод ПЦР – 73,3%. Bouzid M. et al. [10] при проведении метаанализа сообщают, что ПЦР для выявления гиардий является самым эффективным методом, что согласуется и с нашими результатами.

Выбранные нами для сравнения методы имеют свои особенности и ограничения. При использовании для выявления гиардий микроскопии основным фактором, ограничивающим эффективность данного метода, является интенсивность инвазии. В случае низкой интенсивности инвазии микроскопия может привести к ложноотрицательным результатам. Безусловно, при наличии интенсивных инвазий, помимо гиардий, микроскопия позволяет выявлять и других кишечных паразитов. Так, в нашем исследовании были выявлены у собак личинки *Strongyloides stercoralis*. Обнаружение личинки *S. stercoralis* является ценным, так как они являются патогенными для собак, а своевременное их выявление позволит провести лечебные мероприятия, улучшить здоровье животного и предотвратить распространение инвазии во внешней среде [28].

Использование флотации с центрифугированием в наших опытах эффективно выявля-

ло цисты гиардий, но уступало по диагностической эффективности методу ПЦР. Однако, следует отметить, что комбинированная флотация является самым распространенным методом, который используется для выявления кишечных паразитов в ветеринарной лабораторной практике и, в том числе, позволяет эффективно выявлять наличие смешанных инвазий [9, 12, 22, 23]. Флотационным методом, помимо гиардий, нами были выявлены *Toxocara cati*, *T. canis*, *Toxascaris leonina*, *Capillaria* spp., ооцисты простейших *Sarcocystis* spp., *Cystoisospora* sp., *C. canis*, *Cryptosporidium* spp. Только в одном случае при сравнении методов флотации и ПЦР было выявлено отсутствие положительного результата в ПЦР, в то время как методом флотации нами были выявлены единичные цисты гиардий. Наличие ложно отрицательных результатов при проведении ПЦР можно объяснить низкой интенсивностью инвазии, а также большое значение для проведения ПЦР имеет качество исходного генетического материала [10].

Выбор оптимального метода для диагностики гиардиоза остается весьма обсуждаемым. Особенно на это нужно обращать внимание, когда проводится изучение распространения гиардий среди животных [9-11, 23, 26]. Этому вопросу уделяется большое внимание исследователей во всем мире [4, 8-11, 15, 16, 19, 27].

Заключение

Исследования показали, что диагностическая эффективность ПЦР для выявления гиардий у животных выше, чем у комбинированного флотационного метода. Наименьшей диагностической эффективностью обладает микроскопия. Но ветеринарным специалистам необходимо помнить, что, помимо гиардий, у домашних собак и кошек существует еще определенное число кишечных паразитов, клиническая симптоматика при наличии которых может быть схожа с гиардиозом. Поэтому комплексное паразитологическое обследование животных с использованием разных методов позволит своевременно выявить наличие как моно-, так и смешанных инвазий, провести своевременное лечение того или иного паразитоза, предотвратить контаминацию внешней среды яйцами или цистами простейших, а в ряде случаев при выявлении зоонозных паразитов стать надежной профилактикой возникновения паразитарных заболеваний у людей.

Список источников

1. Курносова О. П. Паразитарные заболевания домашних собак и кошек в мегаполисе Москва // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2009. № 4. С. 31-35.
2. Сергеев В. П., Лобзин Ю. В., Козлова С. С. Паразитарные болезни человека. С.-Петербург, 2006. С. 124-131.
3. Adam R. Biology of *Giardia lamblia*. Clin. Microbiol. Rev. 2001;14 (3): 447-475. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.3.447-475.2001>
4. Adell-Aledón M., Köster P. C., de Lucio A., Puente P., Hernández-de-Mingo M., Sánchez-Thevenet P., Dea-Ayuela M. A., Carmena D. Occurrence and molecular epidemiology of *Giardia duodenalis* infection in dog populations in eastern Spain. Veterinary Research. 2018; 14 (1): 26. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1353-z>
5. Agresti F., Berrilli M., Maestrini I., Guadano Procesi E., Loretto N., Perrucci V. Prevalence, Risk Factors and Genotypes of *Giardia duodenalis* in Sheltered Dogs in Tuscany (Central Italy). Pathogens. 2021; 11 (1): 12. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010012>.
6. Ahmad A., Asmaa M., Kady E., Hassan T. Genotyping of *Giardia duodenalis* in children in upper Egypt using assemblage-specific PCR technique. PLoS One. 2020; 15 (10): e0240119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240119>.
7. Balderrama-Carmona A. P., Gortáres-Moroyocqui P., Morán-Palacio E. F., Ulloa-Mercado R. G., Díaz-Tenorio L. M., Leyva-Soto L. A. Rodríguez-Morales A. J. Risk Assessment for *Giardia* in Environmental Samples. In book: In Current Topics in Giardiasis. 2017; 147-164. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70805>.
8. Ballweber L. R., Xiao L. H., Bowman D. D., Kahn G., Cama V. A. Giardiasis in dogs and cats: update on epidemiology and public health significance. Trends Parasitol. 2010; 26 (4): 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.02.005>.
9. Blanciardi P., Papini R., Gluliani G., Cardini G. Prevalence of *Giardia* antigen in stool samples from dogs and cats. Revue Méd. Vét. 2004; 155 (8-9): 417-421.
10. Bouzid M., Halai K., Jeffreys D., Hunter P. R. The prevalence of *Giardia* infection in dogs and cats, a systematic review and meta-analysis of prevalence studies from stool samples. Veterinary Parasitology. 2015; 207 (3-4): 181-202. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.12.011>.
11. Carlin E. P., Bowman D. D., Scarlett J. M., Garrett J., Lorentzen L. Prevalence of *Giardia* in symptomatic dogs and cats throughout the United States as

- determined by the IDEXX SNAP Giardia test. *Veterinary Therapeutics*. 2006; 7 (3): 199-206.
12. Demelash K., Abebaw M., Negash A., Alene B., Zemene M., Metadel Tilahun. A Review on Diagnostic Techniques in Veterinary Helminthology *Nature and Science*. 2016; 14 (7): 109-118. <https://doi.org/10.7537/marsnsj140716.15>.
 13. Elmendorf H., Dawson S., McCaffery J. The cytoskeleton of *Giardia lamblia*. *Int. J. Parasitol.* 2003; 33 (1): 3-28. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(02\)00228-x](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(02)00228-x).
 14. Feng Y., Xiao L. Zoonotic Potential and Molecular Epidemiology of *Giardia* Species and Giardiasis. *American Society for Microbiology Clinical Microbiology Reviews*. 2011; 24 (1): 110-140. <https://doi.org/10.1128/CMR.00033-10>.
 15. Gates M. C., Thomas J. Nolan Comparison of Passive Fecal Flotation Run by Veterinary Students to Zinc-Sulfate Centrifugation Flotation Run in a Diagnostic Parasitology Laboratory. *J. of Parasitology*. 2009; 95 (5): 1213-1214. <https://doi.org/10.1645/GE-2058.1>.
 16. Geurden T., Berkvens D., Casaert S., Vercruyse J., Claerebout E. A Bayesian evaluation of three diagnostic assays for the detection of *Giardia duodenalis* in symptomatic and asymptomatic dogs. *Vet. Parasitol.* 2008; 157 (1-2): 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.07.002>.
 17. Giangaspero A., Berrilli F., Brandonisio O. *Giardia* and *Cryptosporidium* and public health: the epidemiological scenario from the Italian perspective. *Parasitol. Res.* 2007; 101: 1169-1182. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0598-4>.
 18. Hussein E. M., Ismail O. A., Mokhtar A. B., Mohamed S. E., Saad R. M. Nested PCR targeting intergenic spacer (IGS) in genotyping of *Giardia duodenalis* isolated from symptomatic infected Egyptian school children. *Parasitol. Res.* 2017; 116 (2): 763-771. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5347-0>.
 19. Jiménez-Cardoso E., Eligio-García L., Cortés-Campos A., Cano-Estrada A. Genotyping of *Giardia intestinalis* isolates from dogs by analysis of *gdh*, *tpi*, and *bg* genes. In books: *Parasitology*. 2012; 67-76. <https://doi.org/10.5772/38326>.
 20. Kurnosova O. P., Arisov M. V., Odoevskaya I. M. Intestinal parasites of pets and other house-kept animals in Moscow. *Helminthologia*. 2019; 56 (2): 108-117. <https://doi.org/10.2478/helm-2019-0007>.
 21. Kurnosova O., Odoevskaya I., Khrustalev A., Petkova S., Dilcheva V. Comparative efficacy of different diagnostic methods for detection of *Giardia* (*Gardia*) in animals. *Compt. rends Acad. bulg. Sci.* 2017; 70 (3): 443-452.
 22. Marshall M. M., Naumovitz D., Ortega Y., Sterling C. R. Waterborne protozoan pathogens. *Clin. Microbiol. Rev.* 1997; 10: 67-85. <https://doi.org/10.1128/CMR.10.1.67>.
 23. Mircean V., Györke A., Cozma V. Prevalence and risk factors of *Giardia duodenalis* in dogs from Romania. *Vet. Parasitol.* 2012; 184 (2-4): 325-329. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.08.022. Epub 2011 Aug 19.
 24. Molina N., Polverino D., Milvielle M., Basualdo J. PCR amplification of triosephosphate isomerase gene of *Giardia lamblia* in formalin-fixed feces. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 2007; 49 (1-2): 6-11.
 25. Mravcova K., Strkolcova G., Goldova M. The Prevalence and Assemblages of *Giardia Duodenalis* in Dogs: A Systematic Review in Europe. *Folia Veterinaria*. 2019; 63 (4): 38-45. <https://doi.org/10.2478/fv-2019-0036>.
 26. Nikolic A., Dimitijevic S., Djurkovic Diakovic O., Bobic B., Maksimovic Mihajlovic O. Giardiasis in dogs and cats in the Belgrade area. *Acta Vet. Beograd*. 2002; 52: 43-47. <https://doi.org/10.2298/AVB0201043N>.
 27. Olson M. E., Leonard N. J., Strout J. Prevalence and diagnosis of *Giardia* infection in dogs and cats using a fecal antigen test and fecal smear. *The Canadian Vet. J.* 2010; 51 (6): 640-642.
 28. Paradies P., Iarussi F., Paradies P., Iarussi F., Sasanelli M., Capogna A., Lia R., Zucca D., Greco B., Cantacessi C., Otranto D. Otranto Occurrence of strongyloidiasis in privately owned and sheltered dogs: clinical presentation and treatment outcome. *Parasites & Vectors*. 2017; 10: 345. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2275-5>.
 29. Piekara-Stepińska A., Piekarska J., Gorczykowski M., Bania J. Genotypes of *Giardia duodenalis* in Household Dogs and Cats from Poland. *Acta Parasitol.* 2021; 66 (2): 428-435. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00292-1>.

Статья поступила в редакцию 13.10.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

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

Зайцев Валерий Сергеевич, Ветеринарная лаборатория ООО «Зайцев плюс» (107023, Москва, ул. Малая Семеновская, 9/8), кандидат биологических наук, vetlabplus@gmail.com

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

Вклад соавторов:

Курносова Ольга Петровна – исследования методом микроскопии и флотации, обзор литературы, анализ полученных результатов, написание статьи.

Зайцев Валерий Сергеевич – исследования методом ПЦР.

Арисов Михаил Владимирович – разработка дизайна исследования.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Kurnosova O. P. Parasitic diseases of domesticated dogs and cats in Moscow. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 2009; 4: 31-35. (In Russ.)
- Sergieiev V. P., Lobzin Yu. V., Kozlova S. S. Human parasitic diseases. St. Petersburg, 2006; 124-131. (In Russ.)
- Adam R. Biology of Giardia lamblia. *Clin. Microbiol. Rev.* 2001;14 (3): 447-475. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.3.447-475.2001>
- Adell-Aledón M., Köster P. C., de Lucio A., Puente P., Hernández-de-Mingo M., Sánchez-Thevenet P., Dea-Ayuela M. A., Carmena D. Occurrence and molecular epidemiology of Giardia duodenalis infection in dog populations in eastern Spain. *Veterinary Research*. 2018; 14 (1): 26. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1353-z>
- Agresti F, Berrilli M., Maestrini I., Guadano Procesi E.,Loretti N., Perrucci V. Prevalence, Risk Factors and Genotypes of Giardia duodenalis in Sheltered Dogs in Tuscany (Central Italy). *Pathogens*. 2021; 11 (1): 12. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010012>.
- Ahmad A., Asmaa M., Kady E., Hassan T. Genotyping of Giardia duodenalis in children in upper Egypt using assemblage- specific PCR technique. *PLoS One*. 2020; 15 (10): e0240119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240119>.
- Balderrama-Carmona A. P., Gortáres-Moroyoqui P., Morán-Palacio E. F., Ulloa-Mercado R. G., Díaz-Tenorio L. M., Leyva-Soto L. A. Rodríguez-Morales A. J. Risk Assessment for Giardia in Environmental Samples. In book: *In Current Topics in Giardiasis*. 2017; 147-164. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70805>.
- Ballweber L. R., Xiao L. H., Bowman D. D., Kahn G., Cama V. A. Giardiasis in dogs and cats: update on epidemiology and public health significance. *Trends Parasitol.* 2010; 26 (4): 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.02.005>.
- Blanciard P., Papini R., Gluliani G., Cardini G. Prevalence of Giardia antigen in stool samples from dogs and cats. *Revue Méd. Vét.* 2004; 155 (8-9): 417-421.
- Bouزيد M., Halai K., Jeffreys D., Hunter P. R. The prevalence of Giardia infection in dogs and cats, a systematic review and meta-analysis of prevalence studies from stool samples. *Veterinary Parasitology*. 2015; 207 (3-4): 181-202. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.12.011>.
- Carlin E. P., Bowman D. D., Scarlett J. M., Garrett J., Lorentzen L. Prevalence of Giardia in symptomatic dogs and cats throughout the United States as determined by the IDEXX SNAP Giardia test. *Veterinary Therapeutics*. 2006; 7 (3): 199-206.
- Demelash K., Abebaw M., Negash A., Alene B., Zemene M., Metadel Tilahun. *A Review on Diagnostic Techniques in Veterinary Helminthology Nature and Science*. 2016; 14 (7): 109-118. <https://doi.org/10.7537/marsnsj140716.15>.
- Elmendorf H., Dawson S., McCaffery J. The cytoskeleton of Giardia lamblia. *Int. J. Parasitol.* 2003; 33 (1): 3-28. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(02\)00228-x](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(02)00228-x).
- Feng Y., Xiao L. Zoonotic Potential and Molecular Epidemiology of Giardia Species and Giardiasis. *American Society for Microbiology Clinical Microbiology Reviews*. 2011; 24 (1): 110-140. <https://doi.org/10.1128/CMR.00033-10>.
- Gates M. C., Thomas J. Nolan Comparison of Passive Fecal Flotation Run by Veterinary Students to Zinc-Sulfate Centrifugation Flotation Run in a Diagnostic Parasitology Laboratory. *J. of Parasitology*. 2009; 95 (5): 1213-1214. <https://doi.org/10.1645/GE-2058.1>.
- Geurden T., Berkvens D., Casaert S., Vercruyse J., Claerebout E. A Bayesian evaluation of three diagnostic assays for the detection of Giardia duodenalis in symptomatic and asymptomatic dogs. *Vet. Parasitol.* 2008; 157 (1-2): 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.07.002>.
- Giangaspero A., Berrilli F., Brandonisio O. Giardia and Cryptosporidium and public health: the epidemiological scenario from the Italian perspective. *Parasitol. Res.* 2007; 101: 1169-1182. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0598-4>.

18. Hussein E. M., Ismail O. A., Mokhtar A. B., Mohamed S. E., Saad R. M. Nested PCR targeting intergenic spacer (IGS) in genotyping of *Giardia duodenalis* isolated from symptomatic infected Egyptian school children. *Parasitol. Res.* 2017; 116 (2): 763–771. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5347-0>.
19. Jiménez-Cardoso E., Eligio-García L., Cortés-Campos A., Cano-Estrada A. Genotyping of *Giardia intestinalis* isolates from dogs by analysis of *gdh*, *tpi*, and *bg* genes. In books: *Parasitology*. 2012; 67-76. <https://doi.org/10.5772/38326>.
20. Kurnosova O. P., Arisov M. V., Odoyevskaya I. M. Intestinal parasites of pets and other house-kept animals in Moscow. *Helmintologia*. 2019; 56 (2): 108-117. <https://doi.org/10.2478/helm-2019-0007>.
21. Kurnosova O., Odoyevskaya I., Khrustalev A., Petkova S., Dilcheva V. Comparative efficacy of different diagnostic methods for detection of *Giardia* (*Gardia*) in animals. *Compt. rends Acad. bulg. Sci.* 2017; 70 (3): 443-452.
22. Marshall M. M., Naumovitz D., Ortega Y., Sterling C. R. Waterborne protozoan pathogens. *Clin. Microbiol. Rev.* 1997; 10: 67–85. <https://doi.org/10.1128/CMR.10.1.67>.
23. Mircean V., Györke A., Cozma V. Prevalence and risk factors of *Giardia duodenalis* in dogs from Romania. *Vet. Parasitol.* 2012; 184 (2-4): 325-329. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.08.022. Epub 2011 Aug 19.
24. Molina N., Polverino D., Milvielle M., Basualdo J. PCR amplification of triosephosphate isomerase gene of *Giardia lamblia* in formalin-fixed feces. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 2007; 49 (1-2): 6-11.
25. Mravcova K., Strkolcova G., Goldova M. The Prevalence and Assemblages of *Giardia Duodenalis* in Dogs: A Systematic Review in Europe. *Folia Veterinaria*. 2019; 63 (4): 38-45. <https://doi.org/10.2478/fv-2019-0036>.
26. Nikolic A., Dimitijevic S., Djurkovic Diakovic O., Bobic B., Maksimovic Mihajlovic O. Giardiasis in dogs and cats in the Belgrade area. *Acta Vet. Beograd.* 2002; 52: 43-47. <https://doi.org/10.2298/AVB0201043N>.
27. Olson M. E., Leonard N. J., Strout J. Prevalence and diagnosis of *Giardia* infection in dogs and cats using a fecal antigen test and fecal smear. *The Canadian Vet. J.* 2010; 51 (6): 640-642.
28. Paradies P., Iarussi F., Paradies P., Iarussi F., Sasanelli M., Capogna A., Lia R., Zucca D., Greco B., Cantacessi C., Otranto D. Otranto Occurrence of strongyloidiasis in privately owned and sheltered dogs: clinical presentation and treatment outcome. *Parasites & Vectors*. 2017; 10: 345. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2275-5>.
29. Piekara-Stepińska A., Piekarska J., Gorczykowski M., Bania J. Genotypes of *Giardia duodenalis* in Household Dogs and Cats from Poland. *Acta Parasitol.* 2021; 66 (2): 428-435. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00292-1>.

The article was submitted 13.10.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Kurnosova Olga P., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), Moscow, Russian Federation, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0002-3248-8931, kurnosova@vniigis.ru

Zaitsev Valery S., Zaitsev Plus LLC Veterinary Laboratory (9/8 Malaya Semenovskaya, Moscow, 107023), Candidate of Biological Sciences, vetlabplus@gmail.com

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

Contribution of co-authors:

Kurnosova Olga P. – research by microscopy and flotation, literature review, analysis of the results, article writing.

Zaitsev Valery S. – research by PCR.

Arisov Mikhail V. – study design development.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.993.192.1:636.2.053

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-99-104>

Влияние кишечных кокцидиозов на прирост массы тела молодняка крупного рогатого скота

Александра Дмитриевна Решетникова¹, Екатерина Сергеевна Климова²

^{1,2} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Ижевск, Россия

¹ catia.calinina2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5572-7149>

² alexa.reshetnikova17@gmail.com

Аннотация

Цель исследований – изучение влияния кокцидиозных инвазий (криптоспориديоз, эймериоз) на показатели среднесуточных приростов живой массы молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Исследования проводили на спонтанно зараженных эймериями и криптоспоридиями животных. По принципу аналогов были сформированы 4 группы животных по 10 голов в каждой. В первом опыте проводили сравнение среднесуточных привесов животных 1–20-дневного возраста, зараженных криптоспоридиями (1-я опытная группа) и клинически здоровых телят (1-я контрольная группа). Для второго опыта отбирали телят в возрасте 2–4 мес., инвазированных эймериями (2-я), во вторую контрольную группу отбирали молодняк, свободный от инвазии.

Результаты и обсуждение. У телят, инвазированных криптоспоридиями, показатели среднесуточных привесов колебались от $0,597 \pm 0,017$ до $0,675 \pm 0,018$ кг. Снижение прироста за сутки относительно животных контрольной группы составило, в среднем, 0,346 кг. Максимальное недополучение привесов, $11,0 \pm 0,88$ кг, регистрировали в ноябре. Аналогичная динамика снижения среднесуточных привесов установлена у животных с эймериозной инвазией. За период исследований недополучение живой массы телят, зараженных эймериями, составил $21,5 \pm 2,6$ кг, что на 12,3 кг меньше относительно массы зараженных криптоспоридиями телят. Резких колебаний по снижению среднесуточных привесов в данной группе не регистрировали: в среднем, $0,248 \pm 0,113$ кг относительно контрольной группы. Таким образом, причиной недополучения привесов живой массы (до 40 %) у телят в хозяйстве Увинского района Удмуртской Республики, являются кишечные кокцидиозы. Минимальный показатель среднесуточного прироста живой массы ($0,597 \pm 0,017$ кг) приходится на группу телят, инвазированных криптоспоридиями, что почти в 2 раза меньше относительно прироста животных из контрольной группы.

Ключевые слова: кокцидиозы, криптоспоридиоз, эймериоз, привесы, продуктивность, инвазированность, телята

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Решетникова А. Д., Климова Е. С. Влияние кишечных кокцидиозов на прирост массы тела молодняка крупного рогатого скота // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 99–104.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-99-104>

© Решетникова А. Д., Климова Е. С., 2023



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

Original article

Influence of intestinal coccidiosis on weight gain of young cattle

Alexandra D. Reshetnikova¹, Ekaterina S. Klimova²

^{1,2}Federal State Educational Institution Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

¹catia.calinina2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5572-7149>

²alexa.reshetnikova17@gmail.com

Abstract

The purpose of the research is to study the effect of coccidiosis infection (cryptosporidiosis, eimeriosis) on the average daily gains in live weight of young cattle.

Materials and methods. The studies were carried out on animals spontaneously infected with *Eimeria* spp. and *Cryptosporidium* spp. According to the principle of analogues, 4 groups of animals were formed, 10 heads each. In the first experiment, the average daily weight gain of 1-20-day-old animals infected with *Cryptosporidium* (1st experimental group) and clinically healthy calves (1st control group) was compared. For the second experiment, calves at the age of 2-4 months, infected with *Eimeria* spp. (2nd), were selected, young animals free from infection were selected in the second control group.

Results and discussion. In calves infected with *Cryptosporidium* spp., the average daily gains ranged from 0.597 ± 0.017 to 0.675 ± 0.018 kg. The decrease in growth per day relative to the animals of the control group was, on average, 0.346 kg. The maximum loss of weight gain, 11.0 ± 0.88 kg, was recorded in November. A similar dynamic of the decrease in average daily weight gain was established in animals at eimeriosis. During the research period, the shortfall in live weight of calves infected with *Eimeria* spp. was 21.5 ± 2.6 kg, which is 12.3 kg less relative to the mass of calves infected with *Cryptosporidium* spp. Sharp fluctuations in the reduction of average daily weight gain in this group were not recorded: on average, 0.248 ± 0.113 kg relative to the control group. Thus, the reason for the lack of live weight gain (up to 40 %) in calves in the farm of the Uvinsky district of the Udmurt Republic is intestinal coccidiosis. The minimum indicator of the average daily gain in live weight (0.597 ± 0.017 kg) falls on the group of calves infected with cryptosporidiosis, which is almost 2 times less relative to the gain of animals from the control group.

Keywords: coccidiosis, cryptosporidiosis, eimeriosis, weight gain, productivity, infection, calves

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

There is no conflict of interests.

For citation: Reshetnikova A. D., Klimova E. S. Influence of intestinal coccidiosis on weight gain of young cattle. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):99–104. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-99-104>

© Reshetnikova A. D., Klimova E. S., 2023

Введение

Обеспечение населения продуктами животного происхождения требует увеличения темпов развития современного животноводства. Решение этой задачи невозможно без создания условий для увеличения сохранности телят. Известно, что молодняк крупного рогатого скота в первые дни жизни в значительной мере подвержен заболеваниям желудочно-кишечного тракта различной этиологии, в том числе инвазионным. Особое место среди паразитарных болезней занимают ки-

шечные кокцидиозы. В настоящее время они широко распространены и существенно влияют на рентабельность сельскохозяйственных предприятий.

Кокцидиозы жвачных животных вызывают одноклеточные паразитические простейшие, относящиеся к классу Sporozoa, отряду Coccidia. Они распространены повсеместно [1–5]. Зачастую, криптоспоридиоз у телят официально не регистрируется межрайонными лабораториями, поэтому в отчетной документации отсутствуют достоверные показатели

степени зараженности [2]. Однако, в организме зараженных кокцидиями животных происходит поражение пищеварительного тракта, нарушение всасывания питательных веществ, развитие патогенной микрофлоры. В дальнейшем, это может отразиться на росте и развитии молодняка крупного рогатого скота, так как от состояния кишечника зависит поедаемость и усваиваемость кормов.

Повышение сохранности молодняка – одна из приоритетных задач скотоводства. Отсутствие эффективных мер борьбы с кишечными кокцидиозами жвачных животных в современных условиях может привести к колоссальным экономическим потерям. При отсутствии лечения и своевременной профилактики гибель животных от эймериозной инвазии может достигать 25–50%.

Снижение среднесуточных привесов является главной проблемой производственных предприятий, вследствие которой хозяйства несут существенные убытки. Так, норма среднесуточных приростов живой массы телят голштинской породы составляет не менее ± 700 г в сутки. Недополучение привесов отражается на развитии и функционировании жизненно важных систем организма молодняка, что необходимо учитывать для получения высокопродуктивных животных. Известно, что у телят до года, переболевших кокцидиозом, наблюдается снижение массы тела, в среднем, на 27 кг; в дальнейшем они имеют более низкую молочную и мясную продуктивность. Поэтому, правильно определенная интенсивность развития телят в разные периоды имеет огромное значение для выращивания, влияет на сроки продолжительности жизни и эффективности использования животного [1, 6, 7].

В связи с вышеизложенным, целью нашей работы было изучение влияния криптоспориозной и эймериозной инвазий на показатели среднесуточных приростов живой массы молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы

Исследования проводили на базе паразитологической лаборатории кафедры эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Производственную часть опытов выполняли в хозяйствах Увинского района Удмуртской Республики. Материалом для исследования служили про-

бы фекалий от спонтанно зараженных животных с первых суток до 4-месячного возраста. Отбор осуществляли из прямой кишки с соблюдением санитарно-гигиенических норм. Копрологические исследования на выявление ооцист эймерий проводили методами Фюллеборна и Дарлинга. Интенсивность инвазии определяли при помощи камеры МакМастера. Пробы на криптоспориоз исследовали методом центрифугирования в сочетании с флотацией, готовили мазки и окрашивали их по Циль-Нильсену. Микроскопировали мазки под световым микроскопом при 100 и 900-кратном увеличении.

Данные среднесуточных привесов определяли по результатам ежемесячного взвешивания животных в течение трех месяцев.

Всего сформировали 4 группы молодняка крупного рогатого скота голштинской породы по 10 голов в каждой. В первом опыте проводили сравнение среднесуточных привесов животных 1–20-суточного возраста, зараженных криптоспоридиями (1-я опытная группа) и клинически здоровых телят (1-я контрольная группа). Для второго опыта отбирали телят в возрасте 2–4 мес., инвазированных эймериями (2-я), во вторую контрольную группу отбирали молодняк, свободный от инвазии. Все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Достоверность результатов определяли с использованием общепринятых методов анализа.

Результаты и обсуждение

По результатам исследований установлено, что зараженность телят в возрасте от одного до 20 сут криптоспоридиями в исследуемых хозяйствах достигает 70%. В этот период у животных отмечали профузные поносы с примесью крови и слизи, обезвоживание, отставание в росте и развитие; 4 теленка пало. В таблице 1 приведены результаты среднесуточных приростов живой массы телят.

У телят, инвазированных криптоспоридиями, показатели среднесуточных привесов в течение трех месяцев колебались в пределах от $0,597 \pm 0,017$ до $0,675 \pm 0,018$ кг. Снижение прироста за сутки относительно животных контрольной группы составило, в среднем, 0,346 кг. Максимальное недополучение прироста, $11,0 \pm 0,88$ кг, регистрировали в ноябре.

Таблица 1 [Table 1]

Влияние криптоспоридной инвазии на прирост живой массы телят
[Influence of Cryptosporidia spp. infection on the increase of body weight of calves] (n = 10)

Группа животных [Animals group]	Октябрь [October]	Ноябрь [November]	Декабрь [December]
Среднесуточный привес, кг [Average daily gain, kg]			
Опытная [Experienced]	0,597±0,017*	0,620±0,015*	0,675±0,018*
Контрольная [Control]	0,950±0,030	0,980±0,022	1,00±0,02
Вес за месяц, кг [Weight per month, kg]			
Опытная [Experienced]	18,0±0,54*	18,6±0,45*	20,0±0,55*
Контрольная [Control]	28,5±0,85	29,5±0,67	30,0±0,59
Снижение привесов инвазированных животных, кг [Decrease in weight gain of infested animals, kg]			
Опытная [Experienced]	10,5±0,71	11,0±0,88	10,0±0,89
Контрольная [Control]	-	-	-

Примечание. [Note]. * - $P < 0,001$

Это связано с ухудшением состояния организма телят вследствие прогрессирующей кишечной инвазии и природно-климатическими условиями региона. Для осенне-зимнего периода этих районов республики характерны резкие колебания температурного режима и значительные повышения влажности окружающей среды, что негативно отражается на резистентности животных, и благоприятно влияет на цикл развития криптоспоридий [7].

За время исследований недополучение живой массы телят, зараженных криптоспоридами, составило, в среднем, 33,8±1,9 кг.

Вспышки эймериоза в хозяйствах Удмуртской Республики совпадают с массовыми отёлами в осенне-зимний период.

При клиническом наблюдении за телятами, зараженными эймериями, отмечали увеличение поедаемости кормов на 20% относительно животных контрольной группы с учетом идентичности рациона по питательности и структуре. В первые двое суток клинического проявления эймериоза животные чаще подходили к кормушкам, с жадностью потребляли корм и воду; на 3–4-е сутки наблюдали ухудшение общего состояния молодняка: вялость, профузный понос с примесью крови и слизи; у трех телят регистрировали повышение температуры тела на 0,5–0,8 °С. Выше перечисленные признаки проявления заболевания влияют на прирост массы тела животных (табл. 2).

Таблица 2 [Table 2]

Влияние эймериозной инвазии на прирост живой массы телят
[Influence of Eimeria spp. infection on the increase of body weight of calves] (n = 10)

Группа животных [Animals group]	Октябрь [October]	Ноябрь [November]	Декабрь [December]
Среднесуточный привес, кг [Average daily gain, kg]			
Опытная [Experienced]	0,730±0,114	0,760±0,118	0,770±0,046*
Контрольная [Control]	0,950±0,030	0,980±0,022	1,00±0,02
Вес за месяц, кг [Weight per month, kg]			
Опытная [Experienced]	22,0±3,41	22,8±3,45	23,0±1,38*
Контрольная [Control]	28,5±0,85	29,5±0,67	30,0±0,59
Снижение привесов инвазированных животных, кг [Decrease in weight gain of infested animals, kg]			
Опытная [Experienced]	6,5±3,25	6,3±3,43	7,0±1,14
Контрольная [Control]	-	-	-

Примечание. [Note]. * - $P < 0,001$

Снижение среднесуточных привесов регистрировали и у зараженных эймериями животных; с развитием заболевания увеличиваются потери продуктивности. За период исследований недополучение живой массы у телят, зараженных эймериями, составило, в среднем, $21,5 \pm 2,6$ кг, что на 12,3 кг ниже относительно массы телят, зараженных криптоспоридиями. Резких колебаний по снижению среднесуточных привесов в данной группе не регистрировали. В среднем, этот показатель составил $0,248 \pm 0,113$ кг по сравнению с контрольными значениями.

Заключение

Высокая контаминация животноводческих помещений ооцистами кокцидий приводит к реинвазии молодняка и стационарному неблагоприятию предприятий. В связи с этим, нами в хозяйствах проводились еженедельные диагностические исследования на выявление зараженных животных с целью предотвращения экономического ущерба от снижения продуктивности и падежа молодняка.

Можно сделать вывод, что причиной недополучения привесов живой массы (до 40 %) у телят в хозяйстве Увинского района являются кишечные кокцидиозы. Минимальный показатель среднесуточного прироста живой массы, $0,597 \pm 0,017$ кг, приходится на телят, инвазированных криптоспоридиями, что почти в 2 раза меньше относительно привесов животных контрольной группы. У телят, зараженных эймериями, среднесуточные привесы в течение трех месяцев значительно не изменялись и составили, в среднем, $0,248 \pm 0,113$ кг.

Криптоспоридии наносят более выраженное негативное воздействие на органы пищеварения и организм телят в целом по сравнению с эймериозом. За сутки от зараженного криптоспоридиями теленка предприятия недополучают около 400 г привесов, тогда как у животных, зараженных эймериями, этот показатель в два раза ниже.

Недополучение месячных привесов вследствие кишечных кокцидиозов телят за 90 сут исследований составило $56,6 \pm 5,2$ кг.

Учитывая экономические потери от криптоспоридиозной и эймериозной инвазий, которые складываются из затрат на кормление, лечение, недополучение мясной продуктив-

ности, а также нередко падежа животных, большинство животноводческих предприятий нашей страны не могут достичь высоких показателей рентабельности производства. В связи с этим ключевым моментом к успешной реализации данной задачи является комплексная диагностика с учетом анализа эпизоотической обстановки, клинической картины, результатов лабораторных исследований и эффективных своевременных мероприятий по профилактике и ликвидации кишечных кокцидиозов у телят в хозяйствах Увинского района Удмуртской Республики

Список источников

1. Андрушко Е. А., Егоров С. В. Эпизоотологический мониторинг эймериоза молодняка крупного рогатого скота в хозяйствах Ивановской и прилегающих областях // Российский паразитологический журнал. 2015. № 2. С. 27-31. <https://doi.org/10.12737/11769>
2. Кириллов Е. Г., Латыпов Д. Г., Залялов И. Н. и др. Оценка терапевтической эффективности различных препаратов при криптоспориidioзе телят // Ученые записки КГАВМ. 2016. Т. 225. С. 39-42.
3. Климова Е. С., Мкртчян М. Э. Эймериоз и криптоспориidioз крупного рогатого скота // «Современные проблемы общей и частной паразитологии»: материалы докладов III международного паразитологического симпозиума. 2019. С. 136-139.
4. Кряжев А. Л. Криптоспориidioз телят в хозяйствах молочной специализации Вологодской области // «Эффективные технологии в молочном животноводстве и переработке молока»: сборник научных трудов. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2002. С. 89-90.
5. Мусаева М. Н., Будулов Н. Р., Абдулмагомедов С. Ш., Мусаев З. Г. Криптоспориidioз при иммунодефиците у новорожденных телят // Российский паразитологический журнал. 2013. № 3. С. 64-66.
6. Усарова Э. И. Эймерии (Eimeria) крупного рогатого скота в Республике Дагестан // Паразитология. С.-Петербург, 2007. № 3. С. 2.
7. Климова Е. С., Мкртчян М. Э., Максимова Е. В., Решетникова А. Д. Сезонно-возрастная динамика эймериоза и криптоспориidioза крупного рогатого скота // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 3. С. 24-29. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2020.3.24>

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Климова Екатерина Сергеевна, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), г. Ижевск, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0002-5572-7149, catia.calinina2012@yandex.ru

Решетникова Александра Дмитриевна, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), г. Ижевск, Россия, alexa.reshetnikova17@gmail.com

Вклад соавторов:

Климова Екатерина Сергеевна – развитие методологии; критический анализ материалов и формирование выводов.

Решетникова Александра Дмитриевна – обзор исследований по проблеме, критический анализ материалов и формирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Andrushko E. A., Egorov S. V. Epizootological monitoring of eimeriosis in young cattle in agricultural farms of Ivanovo region and contiguous areas. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2015; 2: 27-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/11769>
2. Kirillov E. G., Latypov D. G., Zalyalov I. N. et al. Evaluation of the therapeutic efficacy of various drugs for cryptosporidiosis in calves. *Uchenyye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny = Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine*. 2016; 225: 39-42. (In Russ.)
3. Klimova E. S., Mkrtychyan M. E. Eimeriosis and cryptosporidiosis in cattle. «*Sovremennyye problemy obshchey i chastnoy parazitologii*»: materialy dokladov III mezhdunarodnogo parazitologicheskogo simpoziuma = “*Modern problems of general and private parasitology*”: materials of the reports of the III International Parasitological Symposium. 2019; 136-139. (In Russ.)
4. Kryazhev A. L. Cryptosporidiosis of calves in dairy farms of the Vologda region. «*Effektivnyye tekhnologii v molochnom zhivotnovodstve i pererabotke moloka*»: sbornik nauchnykh trudov = “*Effective technologies in dairy farming and milk processing*”: a collection of scientific papers. Vologda-Molochnoe, 2002; 89-90. (In Russ.)
5. Musaeva M. N., Budulov N. R., Abdulmagomedov S. Sh., Musaev Z. G. Cryptosporidiosis in immunodeficiency in newborn calves. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2013; 3: 64-66. (In Russ.)
6. Usarova E. I. Eimeria (Eimeria) of cattle in the Republic of Dagestan. *Parazitologiya = Parasitology*. St. Petersburg, 2007; 3: 2. (In Russ.)
7. Klimova E. S., Mkrtychyan M. E., Maksimova E. V., Reshetnikova A. D. Seasonal and age dynamics of eimeriosis and cryptosporidiosis in cattle. *International Veterinary Bulletin*. 2020; 3: 24-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2020.3.24>

The article was submitted 10.03.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Klimova Ekaterina S., Izhevsk State Agricultural Academy (426069, Izhevsk, Studencheskaya str., 11), Izhevsk, Russia, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0002-5572-7149, catia.calinina2012@yandex.ru

Reshetnikova Alexandra D., Izhevsk State Agricultural Academy (426069, Izhevsk, Studencheskaya st., 11), Izhevsk, Russia, alexa.reshetnikova17@gmail.com

Contribution of co-authors:

Klimova Ekaterina S. – development of methodology; critical analysis of materials and the formation of conclusions.

Reshetnikova Alexandra D. – a review of research on the problem, a critical analysis of materials and the formation of conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:615.065

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-105-113>

Влияние супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на постнатальное развитие потомства крыс

Виктория Владимировна Защепкина¹, Маулди Баудинович Мусаев²

^{1,2}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», Москва, Россия

¹zashepkinavv@gmail.com

²musaev@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0523-2308>

Аннотация

Цель исследований – выявление отдалённых последствий при многократном пероральном введении супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на постнатальное развитие потомства крыс.

Материалы и методы. Исследования проводили на 16 белых беременных крысах, которых разделили на две подопытные и одну контрольную группы. Животные находились в стандартных условиях содержания и кормления. Супрамолекулярный комплекс ивермектина Аниверм-2,0% вводили беременным самкам крыс (n = 6) 1-й группы в форме суспензии с помощью внутривентрикулярного зонда ежедневно в течение 7 сут в дозе 15 мг/кг и 2-й группе - субстанцию ивермектина (n = 5) в дозе 8,25 мг/кг. Самкам контрольной (n = 5) группы вводили по 1 мл дистиллированной воды в течение опыта. Подопытных беременных самок оставляли до родов и далее в течение 45 сут наблюдали за развитием их потомства. После рождения крысят регистрировали: продолжительность беременности, размер помета, динамику прироста массы тела крысят в течение 21 сут, постнатальную гибель в течение первых 30 сут, соотношение числа самцов и самок в помете, сроки открытия глаз, прорезывания резцов, отлипания ушной раковины, появления шерстного покрова, опускания семенников, открытия влагалища. Затем нами была проведена оценка скорости созревания сенсорно-двигательных рефлексов потомства, полученного от опытных и контрольных групп, и эмоционально-двигательного поведения и способности к тонкой координации движений у потомства и тест «открытое поле-2» на 45-е сутки после рождения.

Результаты и обсуждение. Отрицательного воздействия супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на параметры физиологического развития потомства крыс экспериментальных групп в течение 45 сут после рождения выявлено не было. Динамика их массы, параметры развития, формирование двигательных рефлексов в период вскармливания оставались в пределах нормы. Показатели развития сенсорно-двигательных рефлексов у крысят контрольной и опытных групп не имели статистически достоверных различий.

Ключевые слова: крысы, ивермектин, супрамолекулярный комплекс, Аниверм-2,0%, постнатальный период, эмоционально-двигательное поведение, рефлексы

Благодарности. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), составляющей основу государственного задания № FGUG-2022-0012.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: *Зашчепкина В. В., Мусаев М. Б.* Влияние супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на постнатальное развитие потомства крыс // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 105–113.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-105-113>

© Защепкина В. В., Мусаев М. Б., 2023



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

Original article

Effect evaluation of supramolecular complex of ivermectin Aniverm-2.0% on postnatal development of rat offspring

Victoria V. Zashchepkina¹, Mauldi B. Musaev²

^{1,2}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

¹zashchepkinavv@gmail.com

²musaev@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0523-2308>

Abstract

The purpose of the research is to detect long-term effects of repeated oral administration of supramolecular complex of ivermectin Aniverm-2.0% on the postnatal development of rat offspring.

Materials and methods. The studies were conducted on 16 white pregnant rats that were divided into two experimental and one control groups. The animals were kept under standard conditions of keeping and feeding. The supramolecular complex of ivermectin Aniverm-2.0% was administered to pregnant female rats (n = 6) of group 1 in the form of a suspension using an intragastric tube daily for 7 days at a dose of 15 mg/kg, and group 2 was given the substance of ivermectin (n = 5) at a dose of 8.25 mg/kg. The control female rats (n = 5) were administered 1 mL of distilled water during the experiment. The experimental pregnant females were left until delivery, and then, the development of their offspring was monitored for 45 days. After rat pups were born, the following were recorded: pregnancy duration, litter size, dynamics of weight gain in the rat pups for 21 days, postnatal death during the first 30 days, the ratio of males and females in the litter, periods of eye opening, incisor eruption, detachment of the auricle, appearance of hair coat, descent of testicles, and opening of the vagina. Then we assessed the maturation rate of sensory-motor reflexes in the offspring obtained from the experimental and control groups, the emotional motor behavior and ability for fine coordination of movements in the offspring, and conducted the open field-2 test on day 45 after birth.

Results and discussion. No negative effect was detected for supramolecular complex of ivermectin Aniverm-2.0% on the parameters of physiological development of the offspring of the experimental rats within 45 days after birth. The dynamics of their mass, developmental parameters, and formation of motor reflexes during the feeding period remained within the normal values. Developmental indicators of sensory motor reflexes in the control and experimental rat pups had no statistically significant differences.

Keywords: rats, ivermectin, supramolecular complex, Aniverm-2.0%, postnatal period, emotional motor behavior, reflexes

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: Zashchepkina V. V., Musaev M. B. Effect evaluation of supramolecular complex of ivermectin Aniverm-2.0% on postnatal development of rat offspring. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):105–113. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-105-113>

© Zashchepkina V. V., Musaev M. B., 2023

Введение

Разработанный нами супрамолекулярный комплекс ивермектина Аниверм-2,0% предназначен для лечения и профилактики паразитозов у неприрученных домашних и диких животных вольным скармливанием в смеси с концентрированными кормами.

Аниверм-2,0% представляет собой растворимый в воде твердодисперсный порошок, полученный с применением нано-механохимической технологии до образования частиц размером от 0,1 (70%) до 10 микрон, без вкуса, светло-бежевого цвета, с легка уловимым хвойным запахом [5, 9, 12].

При изучении субхронической токсичности Аниверма-2,0% на крысах, при пероральном введении препарата в течение 7 сут в дозе 15 мг/кг и субстанции ивермектина в дозе 8,25 мг/кг, такие биохимические показатели, как активность аспартатаминотрансферазы, содержание креатинина, активность лактатдегидрогеназы по сравнению с контролем оказались превышены в крови, хотя на 8-е сутки этих изменений не наблюдали. Это свидетельствует об отдаленном негативном последствии препарата на печень, почки и поджелудочную железу [6]. Эти данные и явились основанием для дальнейшего доклинического изучения влияния Аниверма-2,0% в постнатальном периоде жизни потомства крыс.

По параметрам острой пероральной и кожной токсичности Аниверм-2,0% относится к IV классу малотоксичных веществ со слабовыраженной кумуляцией, не обладает иммунотоксической и эмбриотропной активностью. Терапевтический индекс Аниверма-2,0% равен 115,8 [1, 2, 3, 7].

Аниверм-2,0% показал высокую активность против нематод пищеварительного тракта и личинок оводов лошадей в терапевтической дозе 0,2 мг/кг [8, 10].

Целью наших исследований было изучение влияния супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверма-2,0% на постнатальное развитие потомства крыс.

Материалы и методы

Исследования по изучению влияния супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на постнатальное развитие

потомства крыс выполняли в соответствии с международными протоколами ИСН, ОЕСД, ЕАЭС и Российскими требованиями проведения научных исследований на лабораторных животных отечественным ГОСТ и Рекомендациями «ФГБУ НЦЭСМП».

Объектом исследования были лабораторные животные, которые содержались в виварии ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986). Содержание животных соответствовало правилам надлежащей лабораторной практики, карантин длился 14 сут [4, 11].

К самкам крыс подсаживали на ночь самцов из соотношения 1♂ : 4♀. Обнаружение спермиев во влагалищном мазке самки на утро после подсадки самца считали первым днем беременности.

Было отобрано 16 здоровых белых беременных самок, которых разделили на две подопытные и контрольную группы; животные находились в стандартных условиях содержания и кормления.

Супрамолекулярный комплекс ивермектина Аниверм-2,0% вводили беременным самкам крыс 1-й группы (n = 6) в форме суспензии с помощью внутрижелудочного зонда ежедневно в течение 7 сут в дозе 1/20 от ЛД₅₀ и 2-й группы – субстанцию ивермектина (n = 5) в ЛД₅₀ или 15 и 8,25 мг/кг соответственно. Самкам контрольной (n = 5) группы вводили по 1 мл дистиллированной воды на протяжении того же периода. Подопытных беременных самок оставляли до родов и наблюдали, как протекала беременность и роды и далее в течение 45 сут следили за развитием их потомства.

После рождения крысят регистрировали: продолжительность беременности, размер помета, динамику прироста массы тела крысят в течение 21 сут, постнатальную гибель в течение 30 сут, соотношение числа самцов и самок в помете, сроки открытия глаз, прорезывания резцов, отлипания ушной раковины, появления шерстного покрова, опускания семенников, открытия влагалища. Также была проведена оценка скорости созревания сенсорно-двигательных рефлексов потом-

ства, полученного от опытных и контрольных групп.

Также оценивали эмоционально-двигательное поведение и способность к тонкой координации движений у потомства и тест «открытое поле-2» на 45-е сутки после рождения.

Результаты и обсуждение

Оценка влияния супрамолекулярного комплекса ивермектина на постнатальное раз-

витие потомства. Роды беременных крыс подопытных и контрольной групп прошли на 21-е сутки без осложнений; околоплодные воды были прозрачные, чистые.

Случаев гибели крысят в течение 45 сут после рождения зарегистрировано не было. Результаты оценки влияния супрамолекулярного комплекса ивермектина на постнатальное развитие потомства приведены в таблице 1.

Таблица 1 [Table 1]

Влияние Аниверма-2,0% и субстанции ивермектина на постнатальное развитие потомства
[Influence of Aniverm-2.0% and the substance of ivermectin on the postnatal development of offspring]

Параметр [Parameter]	Значение параметра [Parameter value]			
	доза Аниверма-2,0% по ДВ, мг/кг [dose of Aniverm-2.0% by AS, mg/kg]	доза субстанции ивермектина, мг/кг [dose of ivermectin substance, mg/kg]	контроль [control]	
	15	8,25		
Число родивших самок [Number of females giving birth]	5	6	5	
Размер помета [Litter size]	14,33±0,67	14,79±0,78	15,46±0,92	
Продолжительность беременности, сут [Duration of pregnancy, days]	21,00±0,21	21,00±0,21	21,00±0,22	
Соотношение самок/самцов, % [The ratio of females/males, %]	57/43	48/52	60/40	
Постнатальная гибель в течение первых 30 сут, % [Postnatal death during the first 30 days, %]	0	0	0	
Масса тела крысят, г [Body weight of rats, g]	при рождении [at birth]	4,21±0,03	4,23±0,04	4,35±0,02
	4 сут [after 4 days]	6,95±0,03	7,01±0,02	7,09±0,02
	7 сут [after 7 days]	9,13±0,05	9,21±0,05	9,25±0,05
	14 сут [after 14 days]	25,98±0,34	26,23±0,26	26,39±0,27
	21 сут [after 21 days]	43,23±1,40	44,12±1,33	43,56±1,38
Открытие глаз, сут [Eyes opening, days]	14,76±0,24	14,75±0,24	15,35±0,13	
Прорезывание резцов, сут [Eruption of incisors, days]	6,96±0,35	7,47±0,21	7,91±0,14	
Отлипание ушной раковины, сут [Detachment of the auricle, days]	2,00±0,07	2,16±0,10	2,00±0,06	
Появление шерстного покрова, сут [Appearance of coat, days]	5,35± 0,10	4,59±0,18	4,58±0,16	
Опускание семенников, сут [Descent of testicles, days]	24,80±0,21	25,67±0,22	24,78±0,29	
Открытие влагалища, сут [Opening of the vagina, days]	29,75±1,11	30,46±0,96	29,79±1,11	

Примечание. [Note]. * – различия статистически достоверны при сравнении с контролем [differences are statistically significant when compared with control] ($P \leq 0,05$)

Внешних аномалий развития у потомства крыс опытных и контрольной групп при рождении обнаружено не было. Масса тела крысят от самок опытных групп не отличалась от таковой контрольных.

Показатели физиологического развития потомства и динамика массы тела крысят на

протяжении 21 сут наблюдения находились в пределах статистически достоверных значений при сравнении с соответствующим контролем ($P \leq 0,05$). Гибели новорожденных крысят в период наблюдений не отмечено.

Оценка скорости созревания сенсорно-двигательных рефлексов у потомства в период

Таблица 2 [Table 2]

Изучение сроков созревания сенсорно-двигательных рефлексов крысят в период вскармливания
 [Study of the rate of maturation of sensory-motor reflexes in rat pups during the feeding period]

Рефлекс [Reflex]	Срок созревания рефлекса у крысят разных групп [Reflex maturation period in rat pups of different groups]			
	контроль [control]	доза Аниверма-2,0% по ДВ [dose of Aniverm-2.0% by AS, mg/kg], 15 мг/кг	доза субстанции ивермектина [dose of ivermectin substance, mg/kg], 8,25 мг/кг	
1	2	3	4	
Переворачивание на плоскости, сут [Flipping on the plane, days]	7,86 ± 0,25	8,00 ± 0,18	7,98 ± 0,09	
Отрицательный гемотаксис, сут [Negative hemotaxis, days]	7,23 ± 0,27	7,55 ± 0,29	7,87 ± 0,28	
Избегание обрыва, сут [Break avoidance, days]	9,31 ± 0,22	9,51 ± 0,19	9,47 ± 0,21	
Маятниковый рефлекс, сут [Pendulum reflex, days]	8,41 ± 0,17	8,49 ± 0,12	8,54 ± 0,18	
Обонятельная реакция, сут [Olfactory reaction, days]	10,49 ± 0,27	10,57 ± 0,19	10,78 ± 0,21	
Реакция на акустический стимул, сут [Response to acoustic stimulus, days]	13,89 ± 0,26	13,78 ± 0,23	13,92 ± 0,28	
Зрачковый рефлекс, сут [Pupillary reflex, days]	14,87 ± 0,31	14,89 ± 0,29	14,75 ± 0,34	
Избегание обрыва (вызванное визуальным стимулом), сут [Break avoidance (caused by visual stimulus), days]	14,85 ± 0,27	14,87 ± 0,32	14,83 ± 0,30	
Мышечная сила, сут [Muscle strength, days]	16,00 ± 0,02	16,87 ± 0,23	16,93 ± 0,21	
Удержание на горизонтальной веревочке, с [Retention on a horizontal string, s]	15,74 ± 0,07	16,12 ± 0,04	15,87 ± 0,08	
<i>Тест «открытое поле» [Test «Open field»]</i>				
Поднимание головы и передних лап, сут [Raising the head and front paws, days]	8,64 ± 0,04	8,69 ± 0,05	8,81 ± 0,03	
Ползание, сут [Crawl, days]	9,89 ± 0,16	10,21 ± 0,10	10,54 ± 0,11	
Опора на задние конечности, подъем всего тела, сут [Support on hind limbs, lifting of the whole body, days]	14,82 ± 0,25	14,89 ± 0,21	14,74 ± 0,28	
Латентный период, с [Latent period, s]	15,72 ± 0,33	15,26 ± 0,31	14,96 ± 0,54	
Число свободных стоек [Number of free racks]	6,81 ± 0,35	6,85 ± 0,32	7,74 ± 0,33	
Число пересеченных квадратов [Number of crossed squares]	62,79 ± 1,86	61,07 ± 1,90	63,32 ± 1,50	
Груминг: число [Grooming, number]	3,38 ± 1,39	3,42 ± 1,33	3,53 ± 1,11	
Прыжки, число [Jumps, number]	0,37 ± 0,07	0,39 ± 0,06	0,33 ± 0,08	
Дефекация, число [Defecation, number]	1,80 ± 0,26	1,71 ± 0,35	2,22 ± 0,16	
Число обнюхиваний [Number of sniffs]	4,7 ± 0,43	5,37 ± 0,39	5,29 ± 0,35	
Возможные аномалии походки [Possible gait anomalies]	0	0	0	

Окончание таблицы 2 [End of table 2]

1	2	3	4
Эмоционально-двигательное поведение и способность к тонкой координации движений [Emotional-motor behavior and the ability to finely coordinate movements]			
Переворачивание в свободном падении, сут [Flipping in free fall, days]	19,28±0,18	18,77±0,26	19,15±0,22
Удержание на вращающемся цилиндре, сут [Retention on a rotating cylinder, days]	21,28±0,25	20,93±0,32	21,37±0,21
Тест «открытое поле-2» [Test "open field-2"]			
Число посещенных квадратов [Number of squares visited]	52,24±2,21	49,64±2,01	51,73±1,39
Число стоек [Number of racks]	7,92±0,18	8,22±0,11	8,65±0,15
Латентный период, с [Latent period, s]	10,43±0,71	11,78±0,61	11,35±0,65
Груминг, число [Grooming, number]	2,32±0,11	1,87±0,22	2,12±0,25
Число обследованных отверстий [Number of holes examined]	11,66±0,12	10,14±0,09	9,92±0,13
Дефекация, число [Defecation, number]	2,17±0,22	2,05±0,34	2,87±0,20
Мочепускание [Urination]	4,24±0,36	3,47±0,21	4,19±0,38

Примечание. [Note]. * – различия статистически достоверны при сравнении с соответствующим контролем [differences are statistically significant when compared with the corresponding control], $P \leq 0,05$

вскармливания. При оценке скорости переворачивания на плоскости к 8-м суткам крысыта всех групп сразу возвращались в нормальное положение, а время, затраченное на переворот, не превышало 1–2 с.

При оценке на 6–8-е сутки жизни время разворота на 1800 (тест отрицательного геотаксиса) крысыта опытных и контрольной групп при помещении их на наклонную плоскость затрачивали 6–8 с на поворот туловища от наклона поверхности за счет перемещения передних лап.

При исследовании формирования рефлекса «избегание обрыва» на 6–10-е сутки было установлено, что в течение 12 с животные отползали от края, что свидетельствует о нормальном формировании рефлекса.

При изучении маятникового рефлекса на 6–9-е сутки после рождения крысыта всех групп совершали 10–16 изменений направления головы и туловища в течение 60 с.

В тесте обонятельной реакции на 10–11-е сутки жизни крысыта правильно определяли направление нахождения клетки с матерью. Расстояние составляло 6–8 см.

При создании акустического стимула (громкий хлопок) на 13–14-е сутки крысыта всех групп давали положительную реакцию в течение 0,5 с, что подтверждало резкое движение животного (определялось визуально).

Зрачковый рефлекс у крысыта опытных и контрольных групп был сформирован полностью на 15-е сутки. Исследования проводились с 14-х суток.

При тестировании мышечной силы на 15–17-е сутки, время удержания на сетке в течение не менее 15 с под углом 180 градусов было достигнуто всеми животными в контрольной группе к 16-м суткам, а животными опытных групп – к 17-м суткам.

Время удерживания на «горизонтальной веревочке» на 15-е сутки жизни крысыта опытных и контрольной групп достоверно не отличалось и составило 15–16 с.

На 8–9-е сутки после рождения у всех крысыта отмечали поднимание передних лап и головы (тест «открытое поле»), ползание у всех животных регистрировали на 9–11-е сутки.

Оценку возможности опоры на задние лапы проводили на 14–15-е сутки; длительность теста составила 3 мин. В результате число пересеченных квадратов, груминг, стойки, прыжки, воз-

можные аномалии походки, а также латентный период (время отсутствия движения) отмечали на 18–20-е сутки.

Результаты исследования, а также данные теста «открытое поле-2» на 45-е сутки после рождения приведены в таблице 2.

Двигательная активность крысят во всех группах имела схожий характер. Общее время отсутствия движения составило около 15 с в тесте «открытое поле», горизонтальная активность была выражена, число стоек в контрольной и опытных группах не имело достоверных различий.

В тесте «открытое поле-2» статистически значимых различий между крысятами контрольной и опытных групп также не наблюдали.

Заключение

Отрицательного воздействия супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на параметры физиологического развития потомства опытных групп в течение 45 сут после рождения выявлено не было. Динамика их массы, параметры развития, формирование двигательных рефлексов в период вскармливания оставались в пределах нормы.

Таким образом, нами не установлено отрицательного влияния противопаразитарного супрамолекулярного комплекса ивермектина Аниверм-2,0% на потомство крыс в отдалённом постнатальном периоде.

Список источников

1. *Защепкина В. В., Мусаев М. Б., Халиков С. С.* Доклинические исследования твердой дисперсии ивермектина // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: сборник научных статей по материалам международной научной конференции. М., 2019. Вып. 20. С. 231–238.
2. *Защепкина В. В.* Изучение кумулятивных свойств супрамолекулярного комплекса ивермектина // Российский паразитологический журнал. М., 2019. Т. 13, № 4. С. 72–76. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2019-13-4-72-76>
3. *Защепкина В. В., Курочкина К. Г., Мусаев М. Б., Ильин М. М., Халиков С. С.* Иммунотоксические свойства супрамолекулярного комплекса ивермектина // Биофармацевтический журнал. 2021. Т.13, № 4. С. 29–33. <https://doi.org/10.30906/2073-8099-2021-13-2-3-7>
4. Методические рекомендации по доклиническому изучению репродуктивной токсичности фармакологических средств, одобренные фармакологическим комитетом Минздрава России (протокол № 8 от 3 июля 1997 г.) и утвержденные Минздравом России 18 декабря 1997 г.
5. *Мусаев М. Б., Халиков С. С., Защепкина В. В., Архипов И. А., Емельянова Н. Б., Гадаев Х. Х., Вацаев Ш. В.* Противопаразитарное средство для лечения и профилактики животных вольным скармливанием // Бюл. ФИПС № 7. Патент № 2715432 28.02.2020 г.
6. *Мусаев М. Б., Защепкина В. В., Белова Е. Е., Халиков С. С.* Изучение субхронической токсичности супрамолекулярного комплекса ивермектина на крысах // Материалы докладов V Международной научной конференции «Агробизнес, экологический инжиниринг и биотехнологии». Современные проблемы биологии: от молекул до экосистем. 16–19 июня 2021 г. Красноярский государственный аграрный университет (Красноярск, Россия).
7. *Мусаев М. Б., Защепкина В. В., Халиков С. С., Джамалова А. З.* Влияние супрамолекулярного комплекса ивермектина 2%-ного в повышенных дозах на организм лошадей // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 2. С. 203–212. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-2-203-212>
8. *Мусаев М. Б., Защепкина В. В., Гадаев Х. Х., Шахбиев Х. Х.* Комиссионное испытание эффективности супрамолекулярного комплекса ивермектина при стронгилятозах пищеварительного тракта лошадей // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 2. С. 101–106. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-2-101-106>
9. *Мусаев М. Б., Защепкина В. В., Халиков С. С.* Противопаразитарный комплекс ивермектина для лечения лошадей табунного содержания при нематодозах пищеварительного тракта // Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 2. С. 114–119. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-114-119>
10. *Мусаев М. Б., Защепкина В. В., Вацаев Ш. В., Джамалова А. З., Халиков С. С.* Эффективность супрамолекулярного комплекса ивермектина в условиях производства при нематодозах пищеварительного тракта лошадей табунного содержания // Сборник научных статей по материалам Международной научной конференции «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». М., 2020. Вып.

21. С. 255-260. <https://doi.org/10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.255-260>
11. Хабриев Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М., 2005. С. 501-514.
12. Халиков С. С., Чистяченко Ю. С., Душкин А. В., Метелева Е. С., Поляков Н. Э., Архипов И. А., Варламова А. И., Гламаздин И. И., Данилевская Н. В. Создание антигельминтных препаратов повышенной эффективности на основе межмолекулярных комплексов действующих веществ с водорастворимыми полимерами, в том числе с полисахаридами // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т. 23, № 5. С. 567-577.

Статья поступила в редакцию 12.08.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Защепкина Виктория Владимировна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, аспирант, zashchepkinavv@gmail.com

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

Вклад соавторов:

Защепкина Виктория Владимировна – научно-исследовательская работа, анализ полученных результатов исследования, статистическая обработка полученных результатов.

Мусаев Маулди Баудинович – организация научно-исследовательской работы, анализ полученных результатов, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Zashchepkina V. V., Musaev M. B., Khalikov S. S. Preclinical studies of ivermectin solid dispersion. «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: sbornik nauchnykh statey po materialam mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of parasitic disease control": collected research articles based on the proceedings of the International Scientific Conference. М., 2019; 20: 231-238. (In Russ.)
- Zashchepkina V. V. Study of the cumulative properties of the supramolecular complex of ivermectin. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2019; 13 (4): 72-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2019-13-4-72-76>
- Zashchepkina V. V., Kurochkina K. G., Musaev M. B., Ilyin M. M., Khalikov S. S. Immunotoxic properties of the supramolecular complex of ivermectin. *Biofarmatsevticheskiy zhurnal = Biopharmaceutical Journal*. 2021; 13 (4): 29-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.30906/2073-8099-2021-13-2-3-7>
- Guidelines for preclinical study of the reproductive toxicity of pharmacological agents as adopted by the Pharmacological Committee of the Russian Ministry of Healthcare (Protocol 8 dated July 3, 1997) and approved by the Russian Ministry of Healthcare on December 18, 1997.
- Musaev M. B., Khalikov S. S., Zashchepkina V. V., Arkhipov I. A., Emelyanova N. B., Gadaev Kh. Kh., Vatsaev Sh. V. Antiparasitic agent for treatment and prevention of diseases in free-fed animals. Bulletin 7 of the Federal Institute of Industrial Property. Patent 2715432 dated February 28, 2020.
- Musaev M. B., Zashchepkina V. V., Belova E. E., Khalikov S. S. Study of subchronic toxicity of the supramolecular complex of ivermectin in rats. *Proceedings of the V International Scientific Conference "Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnology". Current issues of biology: from molecules to ecosystems*. June 16-19, 2021, the Krasnoyarsk State Agrarian University (Krasnoyarsk, Russia).
- Musaev M. B., Zashchepkina V. V., Khalikov S. S., Dzhamalova A. Z. Effects of the 2% supramolecular complex of ivermectin in overdoses on horses. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (2): 203-212. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-2-203-212>
- Musaev M. B., Zashchepkina V. V., Gadayev Kh. Kh., Shakhbiyev Kh. Kh. Commission test of the efficacy

- of the supramolecular complex of ivermectin against gastrointestinal strongylatoses of horses. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (2): 101–106. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-2-101-106>
9. Musaev M. B., Zashchepkina V. V., Khalikov S. S. Antiparasitic Complex of Ivermectin for Treatment of Herd Horses at Gastrointestinal Nematodosis. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (2): 114–119. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-2-114-119>
10. Musaev M. B., Zashchepkina V. V., Vatsaev Sh. V., Dzhamalova A. Z., Khalikov S. S. The efficacy of the supramolecular complex of ivermectin under production conditions against gastrointestinal nematode infections of herd horses. "Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami": sbornik *nauchnykh statey po materialam Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of parasitic disease control": collected research articles based on proceedings of the International Scientific Conference*. M., 2020; 21: 255–260. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.255-260>
11. Khabriev R. U. Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. M., 2005; 501–514. (In Russ.)
12. Khalikov S. S., Chistyachenko Yu. S., Dushkin A. V., Meteleva E. S., Polyakov N. E., Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Glamazdin I. I., Danilevskaya N. V. Creation of anthelmintics of enhanced 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.)

The article was submitted 12.08.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Zashchepkina Victoria V., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Postgraduate Student, zashepkinavv@gmail.com

Musaev Mauldi B., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Doctor of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0002-0523-2308, musaev@vniigis.ru

Contribution of co-authors:

Zashchepkina Victoria V. – research work, analysis of the obtained study results, statistical processing of the obtained results.

Musaev Mauldi B. – organization of research work, analysis of the obtained results, article preparation.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:615.28

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-114-123>

Изучение переносимости повышенных доз препаратов для наружного применения на основе фипронила, празиквантела, моксидектина и пирипроксифена

Надежда Владимировна Махватова¹, Екатерина Олеговна Качанова²

^{1,2} 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», Москва, Россия

¹ me@makhvatova.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3078-9335>

² kachanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-0531>

Аннотация

Цель исследований – изучить переносимость повышенных доз препаратов для наружного применения на основе фипронила, празиквантела, моксидектина и пирипроксифена на собаках и кошках в увеличенных терапевтических дозах.

Материалы и методы. В лаборатории эктопаразитозов на базе ВНИИП – филиала ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН были разработаны два препарата в форме раствора для наружного применения для собак и для кошек на основе празиквантела, пирипроксифена, имидаклоприда и моксидектина. Работа по изучению переносимости повышенных доз проведена на 15 котят и 15 щенках в возрасте до года, 15 взрослых кошках и 15 взрослых собаках. Животных разделили на 8 опытных и 4 контрольные группы по принципу аналогов по 5 голов в каждой. Препараты применяли в 1,5 и 2 раза увеличенной терапевтической дозе четырехкратно с интервалом 7 сут. За животными вели наблюдение в течение 30 сут; отмечали общее состояние, поведение, аппетит, контролировали массу и температуру тела. До начала опыта и через 30 сут после начала применения препаратов брали кровь на общеклиническое и биохимическое исследования.

Результаты и обсуждение. Установлено, что препараты в 1,5 и 2 раза увеличенных терапевтических дозах, применяемых четырехкратно с интервалом 7 сут, не оказывали негативного воздействия на плотоядных животных. Изменений в поведении, температуре и массе тела, физическом состоянии, клиническом статусе, в гематологических и биохимических показателях крови и функций внутренних органов отмечено не было. Препарат хорошо переносился собаками и кошками различных пород разных возрастных групп, а также щенками и котятами. Проявления каких-либо аллергических реакций не наблюдали. Полученные результаты исследований подтверждают безопасность применения препаратов на практике в рекомендуемом режиме дозирования.

Ключевые слова: «Инсакар Тотал С Плюс», «Инсакар Тотал К Плюс», моксидектин, пирипроксифен, фипронил, имидаклоприд, празиквантел, собаки, кошки, переносимость, безопасность

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Махватова Н. В., Качанова Е. О. Изучение переносимости повышенных доз препаратов для наружного применения на основе фипронила, празиквантела, моксидектина и пирипроксифена // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 114–123.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-114-123>

© Махватова Н. В., Качанова Е. О., 2023



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

Original article

Study of the tolerance of high doses of drugs for external use based on fipronil, praziquantel, moxidectin and pyriproxyfen

Nadezhda V. Makhvatova¹, Ekaterina O. Kachanova²

^{1,2}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

¹me@makhvatova.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3078-9335>

²kachanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-0531>

Abstract

The purpose of the research is to study the tolerance of increased doses of topical preparations based on fipronil, praziquantel, moxidectin and pyriproxyfen in dogs and cats at increased therapeutic doses.

Materials and methods. In the laboratory of ectoparasitoses on the basis of VNIIP, a branch of the Federal State Budget Scientific Institution of the Federal Scientific Center of VIEV RAS, two preparations were developed in the form of a solution for external use for dogs and cats based on praziquantel, pyriproxyfen, imidacloprid and moxidectin. Work on the study of tolerance to high doses was carried out on 15 kittens and 15 puppies under the age of one year, 15 adult cats and 15 adult dogs. Animals were divided into 8 experimental and 4 control groups according to the principle of analogues, 5 animals each. The drugs were used at 1.5 and 2 times the increased therapeutic dose four times with an interval of 7 days. The animals were observed for 30 days; noted the general condition, behavior, appetite, controlled weight and body temperature. Before the start of the experiment and 30 days after the start of the use of the drugs, blood was taken for general clinical and biochemical studies.

Results and discussion. It was found that drugs in 1.5 and 2 times increased therapeutic doses, applied four times with an interval of 7 days, did not have a negative effect on carnivores. There were no changes in behavior, body temperature and weight, physical condition, clinical status, hematological and biochemical parameters of blood and functions of internal organs. The drug was well tolerated by dogs and cats of different breeds of different age groups, as well as by puppies and kittens. Manifestations of any allergic reactions were not observed. The obtained results of the studies confirm the safety of the use of drugs in practice in the recommended dosing regimen.

Keywords: «Insacar Total C Plus», «Insacar Total K Plus», moxidectin, pyriproxyfen, fipronil, imidacloprid, praziquantel, dogs, cats, tolerability, safety

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

There is no conflict of interests.

For citation: Makhvatova N. V., Kachanova E. O. Study of the tolerance of high doses of drugs for external use based on fipronil, praziquantel, moxidectin and pyriproxyfen. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):114–123. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-114-123>

© Makhvatova N. V., Kachanova E. O., 2023

Введение

Препараты для наружного применения для борьбы с эктопаразитами у домашних животных широко применяются на практике. Это связано с удобством использования, высокой эффективностью и не высокой стоимостью. Наиболее часто в состав препаратов для кошек

и собак входят такие действующие вещества (ДВ), как фипронил, имидаклоприд, селамектин, моксидектин, пирипроксифен, ивермектин, флуранер, афоксоланер и др. [9, 11].

В настоящее время на ветеринарном рынке представлено большое число инсектоакарицидных препаратов в различных лекар-

ственных формах. Наиболее часто применяют растворы для наружного применения в виде капель на холку и спрея, а также полимерные ленты (ошейники) [1, 2]. Данные формы лекарственных средств наиболее удобны в применении и безопасны именно для владельцев животных. Оральные формы применения и инъекционные средства относят к системным инсектоакарицидам [11]. Чаще всего владельцам затруднительно использовать данные формы, так как не все владельцы могут дать лекарство внутрь или сделать инъекцию.

Отдельного внимания заслуживают препараты, сочетающие в своем составе несколько ДВ. Многокомпонентные препараты обладают широким спектром действия, помогают создать универсальный препарат для борьбы с эктопаразитами, который будет обладать высокой эффективностью на широкий круг возбудителей на разных стадиях их развития [1-3, 12].

В лаборатории эктопаразитозов были разработаны два препарата в виде раствора для наружного применения на основе празиквантела, пирипроксифена, имидаклоприда и моксидектина и с рабочими названиями «Инсакар Тотал С Плюс» для собак и «Инсакар Тотал К Плюс» для кошек.

Празиквантел – препарат группы пирозинихолинов. Проникая в системный кровоток через кожу, распределяется в органах и тканях, и оказывает системное противопаразитарное действие на кишечных половозрелых и неполовозрелых цестод. Механизм его действия основан на индуцировании распада тегумента и ингибировании фумаратредуктазы, стойкой деполяризации мышечных клеток гельминта, нарушении энергетического обмена, что вызывает паралич и гибель цестод и способствует их выведению из желудочно-кишечного тракта.

Пирипроксифен – аналог ювенильного гормона насекомых, подавляет эмбриогенез и нарушает нормальный цикл метаморфоза насекомых, процессы синтеза хитина и линьки личинок, препятствует развитию полноценных куколок и вызывает гибель насекомых на преимагинальных стадиях развития, обеспечивая прекращение воспроизведения популяции эктопаразитов. Пирипроксифен быстро распределяется по поверхности эпидермиса и не всасывается в системный кровоток.

Имидаклоприд – препарат группы хлороникотиниловых инсектицидов. Механизм действия основан на взаимодействии с ацетилхолиновыми рецепторами членистоногих и нарушении передачи нервных импульсов, что приводит к гибели насекомых. Быстро распределяется по поверхности эпидермиса и также не всасывается в общий системный кровоток, оказывает контактное инсектоакарицидное действие, обеспечивая предотвращение инфекации насекомыми и клещами.

Моксидектин – полусинтетическое соединение класса милбемицинов (макроциклические лактоны), активен в отношении взрослых стадий возбудителей арахноэнтомозов, личинок и имаго нематод. Оказывает стимулирующее действие на выделение гаммааминомасляной кислоты, повышает проницаемость мембран для ионов хлора, что подавляет электрическую активность нервных клеток, вызывая нарушение мышечной иннервации, паралич и гибель эктопаразитов и нематод. Имеет липофильную структуру, что обуславливает его высокий объем распределения по поверхности эпидермиса, и легко проникает в системный кровоток, равномерно распределяясь в органах и тканях [1, 2, 9, 11, 13].

При разработке нового лекарственного препарата необходимо провести доклинические и клинические исследования. Важным этапом является изучение переносимости повышенных доз [5, 7, 10]. Переносимость препарата изучают на всех целевых видах животных, которым по инструкции предназначается исследуемый препарат, согласно всем правилам проведения клинических исследований [3, 7, 8, 12].

Целью наших исследований было изучение переносимости препаратов «Инсакар Тотал С Плюс» на собаках и «Инсакар Тотал К Плюс» на кошках в увеличенных в 1,5 и 2 раза терапевтических дозах.

Материалы и методы

В опыт по изучению переносимости препаратов были подобраны 60 животных, из которых 15 котят и 15 щенков в возрасте до года, 15 взрослых кошек массой тела 0,5–4,0 кг и 15 взрослых собак массой тела 1,0–10,0 кг. По принципу аналогов было сформировано 12 групп по 5 животных в каждой. Кошки в возрасте от 1 до 5 лет, массой тела от 1,7 до 4,0 кг,

котят от 7 до 13 недель, массой тела от 0,5 до 1,0 кг. Собаки в возрасте от 1 до 5 лет, массой тела от 4,0 до 10,0 кг и щенята от 7 до 13 недель, массой тела от 0,7 до 2,0 кг.

Все животные содержались индивидуально на стандартном полнорационном кормлении, соответствующем возрастной категории. Обработку от эктопаразитов не проводили в течение 30 сут до опыта. По результатам первичного осмотра каждого животного установлено, что все животные были клинически здоровыми. Далее, в течение 7 сут до начала применения испытуемых инсектоакарицидов вели ежедневный мониторинг клинического состояния животных.

Животным препараты наносили путем капельного нанесения на сухую целостную кожу в области между лопатками, раздвигая шерсть, распределяя препарат от холки до крестца, четырехкратно с интервалом 7 сут (максимальные условия применения в практике).

Кошкам первой опытной группы наносили по 0,6 мл на 1 кг массы тела животного (в 1,5 раза увеличенная терапевтическая доза), что соответствует дозе празиквантела 25,44 мг/кг, пирипроксифена 2,8 мг/кг, имидаклоприда 56,0 мг/кг, моксидектина 6,36 мг/кг. Кошки второй опытной группы получали по 0,8 мл на 1 кг (двукратно увеличенная терапевтическая

доза), что соответствует дозе празиквантела 33,93 мг/кг, пирипроксифена 3,7 мг/кг, имидаклоприда 75,0 мг/кг, моксидектина 8,5 мг/кг.

Собакам первой опытной группы наносили по 1,5 мл на 1 кг массы тела (в 1,5 раза увеличенная терапевтическая доза), что соответствует дозе празиквантела 63,6 мг/кг, пирипроксифена 7,0 мг/кг, имидаклоприда 139,9 мг/кг, моксидектина 39,6 мг/кг. Собакам второй опытной группы наносили по 2,0 мл на 1 кг (двукратно увеличенная терапевтическая доза), что соответствует дозе празиквантела 87,8 мг/кг, пирипроксифена 9,32 мг/кг, имидаклоприда 186,6 мг/кг, моксидектина 53,0 мг/кг.

Котятам первой опытной группы ввиду их малого размера наносили препарат в дозе из расчета 0,15 мл на 1 кг массы тела (в 1,5 раза увеличенная терапевтическая доза), что соответствует дозе празиквантела 6,36 мг/кг, пирипроксифена 0,7 мг/кг, имидаклоприда 14,0 мг/кг, моксидектина котятам 1,6, щенятам 4,0 мг/кг. Котятам второй опытной группы применяли препарат в дозе из расчета 0,2 мл на 1 кг (двукратно увеличенная терапевтическая доза), что соответствует дозе празиквантела 8,5 мг/кг, пирипроксифена 0,9 мг/кг, имидаклоприда 18,7 мг/кг, моксидектина котятам 2,1, щенятам 5,3 мг/кг массы тела (табл. 1, 2). Животным четырех контрольных групп препараты не применяли [12].

Таблица 1 [Table 1]

Дозы препаратов «Инсакар Тотал С Плюс» и «Инсакар Тотал К Плюс», мл/кг
[Dosages of the drugs "Insacar Total C Plus" and "Insacar Total K Plus"]

Повышение дозы препарата [Increasing the dose of the drug]	Дозы препаратов по лекарственной форме, мл/кг [Doses of drugs according to dosage form, ml/kg]			
	Кошки [Cats]	Собаки [Dogs]	Котята [Kittens]	Щенки [Puppies]
В 1,5 раза увеличенная терапевтическая доза [1.5 times increased therapeutic dose]	0,6	1,5	0,15	0,15
В 2 раза увеличенная терапевтическая доза [2 times increased therapeutic dose]	0,8	2,0	0,2	0,2

Таблица 2 [Table 2]

Содержание действующих веществ в препаратах «Инсакар Тотал С Плюс» и «Инсакар Тотал К Плюс»
в дозах в 1,5 и 2 раза превышающих терапевтическую
[The content of active substances in "Insacar Total C Plus" and "Insacar Total K Plus"
in doses 1.5 and 2 times higher than therapeutic]

Группа [Group]		Содержание действующих веществ, мг/кг [The content of active substances, mg/kg]			
		Празиквантел [Praziquantel]	Пирипроксифен [Piriproxifen]	Имидаклоприд [Imidacloprid]	Моксидектин [Moxidectin]
1	2	3	4	5	6
Кошки [Cats]	1	25,4	2,8	56,0	6,4
	2	33,9	3,7	75,0	8,5
Собаки [Dogs]	1	63,6	7,0	139,9	39,6
	2	87,8	9,3	186,6	53,0

Окончание таблицы 2 [End of table 2]

1	2	3	4	5	6
Котята [Kittens]	1	6,4	9,3	14,0	1,6
	2	8,5	0,9	18,7	2,1
Щенки [Puppies]	1	6,4	9,3	14,0	4,0
	2	8,5	0,9	18,7	5,3

При изучении переносимости препаратов за подопытными животными вели ежедневный контроль, проверяли их общее состояние, наличие патологических симптомов и признаков интоксикации, отмечали аппетит, жажду, стул, мочеиспускание, массу тела, температуру тела, частоту сердечных сокращений и дыхательных движений в минуту. Контроль массы и ректальное измерение температуры тела проводили утром перед кормлением один раз в 7 дней перед последующим нанесением инсектоакарицидов. Взятие крови проводили до начала опыта и через 30 сут после начала применения препаратов. Кровь у животных брали натошак в первую половину дня из подкожной вены предплечья или латеральной/медиальной подколенной вены, используя вакуумные пробирки с активатором свертывания и антикоагулянтом. Оценивали основные гематологические (лейкоциты, эритроциты, гемоглобин, СОЭ) и биохимические показатели (АСТ, АЛТ, ЩФ, мочевины, креатинин, общий белок, общий билирубин). Кровь до исследования хранили в холодильнике не более трех часов [4, 6, 8].

Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием программы «Student-200» (Microsoft Excel).

Результаты и обсуждение

Ежедневное наблюдение за кошками и собаками в течение месяца показало, что общее

состояние животных опытных групп не отличалось от состояния животных контрольных групп. Они были бодрыми, активными, реакция на раздражители окружающей среды адекватная, аппетит и жажда без изменений, мочеиспускание и дефекация без особенностей. Общих признаков интоксикации отмечено не было.

Во всех группах собак и кошек до начала эксперимента, через 15 и 30 сут после применения препаратов статистически значимых изменений по массе тела не установлено. Во всех группах щенят и котят через 15 и 30 сут исследования при взвешивании отмечена динамика прироста массы тела в соответствии с их физиологическим ростом и развитием.

У всех подопытных кошек и котят, собак и щенят до начала эксперимента, через 15 и 30 сут после применения препаратов температура тела, частота сердечных сокращений и частота дыхательных движений в минуту находились в пределах референсных значений для данного вида и возраста животных.

У всех животных опытных и контрольных групп основные гематологические показатели, число эритроцитов, лейкоцитов, уровень гемоглобина и скорость оседания эритроцитов, также находились в пределах референсных значений как до начала опыта, так и через 30 сут после нанесения препаратов (табл. 3, 4).

Таблица 3 [Table 3]

Морфологические показатели крови контрольных и опытных кошек и котят до и после применения препарата в повышенных дозах

[Morphological blood parameters of control and experimental cats and kittens before and after the use of the drug in increased doses] (n = 5, P > 0,05)

Время исследования [Study time]	Эритроциты, 10 ¹² /л [Red blood cells, 10 ¹² /l]	Лейкоциты, 10 ⁹ /л [White blood cells, 10 ⁹ /l]	Гемоглобин, г/л [Hemoglobin, g/l]	СОЭ, мм/час [ESR, mm/hour]
1	2	3	4	5
<i>Кошки [Cats]</i>				
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,96±0,27	10,32±0,61	113,64±4,89	4,80±0,41
Через 30 сут [After 30 days]	8,00±0,22	10,08±0,59	112,58±4,92	4,80±0,21

Окончание таблицы 3 [End of table 3]

1	2	3	4	5
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,68±0,41	11,18±0,52	113,44±3,34	3,80±0,21
Через 30 сут [After 30 days]	7,58±0,36	10,94±0,56	111,84±4,25	3,40±0,41
<i>Контрольная группа [Control group]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,88±0,36	11,12±0,55	115,08±4,38	3,00±0,31
Через 30 сут [After 30 days]	7,94±0,34	11,72±0,53	117,32±4,48	3,40±0,54
<i>Котятта [Kittens]</i>				
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,50±0,27	12,16±0,31	109,90±5,01	4,60±0,51
Через 30 сут [After 30 days]	7,34±0,39	11,86±0,27	110,90±2,63	3,80±0,41
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,28±0,26	11,42±0,33	120,26±3,47	4,20±0,71
Через 30 сут [After 30 days]	7,24±0,25	11,28±0,41	120,72±4,37	4,60±0,21
<i>Контрольная группа [Control group]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,32±0,37	11,02±0,47	117,22±4,44	4,20±0,61
Через 30 сут [After 30 days]	7,38±0,33	11,80±0,41	121,82±5,15	4,00±0,51

Таблица 4 [Table 4]

**Морфологические показатели крови контрольных и опытных собак и щенят до и после применения препарата в повышенных дозах
[Morphological blood parameters of control and experimental dogs and puppies before and after the use of the drug in increased doses] (n = 5, P > 0,05)**

Время исследования [Study time]	Эритроциты, 10 ¹² /л [Red blood cells, 1012/l]	Лейкоциты, 10 ⁹ /л [White blood cells, 109/l]	Гемоглобин, г/л [Hemoglobin, g/l]	СОЭ, мм/час [ESR, mm/hour]
<i>Собаки [Dogs]</i>				
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>				
До опыта [Before the experience]	6,72±0,23	10,08±0,71	140,84±4,44	2,40±0,21
Через 30 сут [After 30 days]	6,86±0,19	10,68±0,68	141,90±4,28	2,80±0,41
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>				
До опыта [Before the experience]	7,16±0,21	10,56±0,58	132,44±2,79	3,40±0,51
Через 30 сут [After 30 days]	7,08±0,27	10,72±0,48	133,90±3,44	3,20±0,41
<i>Контрольная группа [Control group]</i>				
До опыта [Before the experience]	6,72±0,17	10,20±0,49	139,38±3,94	2,00±0,31
Через 30 сут [After 30 days]	6,80±0,25	10,74±0,57	138,26±3,76	2,40±0,51
<i>Щенки [Puppies]</i>				
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>				
До опыта [Before the experience]	6,86±0,15	10,16±0,58	115,10±5,49	3,80±0,41
Через 30 сут [After 30 days]	6,92±0,09	10,08±0,68	126,14±3,46	4,20±0,61
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>				
До опыта [Before the experience]	6,46±0,17	10,80±0,61	120,14±4,04	3,00±0,51
Через 30 сут [After 30 days]	6,44±0,09	10,68±0,59	130,64±3,38	3,20±0,41
<i>Контрольная группа [Control group]</i>				
До опыта [Before the experience]	6,90±0,23	10,24±0,58	117,28±3,96	3,60±0,51
Через 30 сут [After 30 days]	6,98±0,18	10,56±0,55	127,48±2,24	3,20±0,41

У всех животных опытных и контрольных групп в результатах исследования Биохимические показатели сыворотки крови, АСТ, АЛТ, ЩФ, мочевины, креатинина, общий белок, об-

щий билирубин, у всех подопытных животных находились в пределах физиологической нормы как до начала опыта, так и через 30 сут после нанесения препаратов (табл. 5, 6).

Таблица 5 [Table 5]

**Биохимические показатели сыворотки крови контрольных и опытных кошек и котят до и после применения препарата в повышенных дозах
[Biochemical parameters of blood serum of control and experimental cats and kittens before and after the use of the drug in increased doses] (n = 5, P > 0,05)**

Время исследования [Study time]	АсАТ, ЕД/л [AST, Units/l]	АлАТ, ЕД/л [ALT, Units/l]	ЩФ, ЕД/л [ALP, Units/l]	Мочевина, ммоль/л [UREA, mmol/l]	Креатинин, мкмоль/л [CREA, μmol/l]	Общий белок, г/л [TP, g/l]	Общий билирубин, мкмоль/л [TBIL, μmol/l]
<i>Кошки [Cats]</i>							
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>							
До опыта [Before the experience]	17,30±1,17	31,68±1,40	41,48±3,75	7,86±0,42	100,00±2,66	66,68±1,52	5,54±0,37
Через 30 сут [After 30 days]	17,44±1,31	32,00±1,67	42,34±3,53	7,68±0,39	100,30±2,81	66,52±1,27	5,64±0,47
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>							
До опыта [Before the experience]	40,38±4,94	36,08±1,45	55,38±5,94	6,08±1,45	86,08±7,45	66,08±4,45	4,08±1,45
Через 30 сут [After 30 days]	41,60±5,61	5,88±0,43	71,63±2,61	8,88±0,43	85,88±4,43	62,88±3,43	5,88±0,43
<i>Контрольная группа [Control group]</i>							
До опыта [Before the experience]	31,98±5,47	41,98±5,47	61,78±4,47	8,98±3,47	81,98±5,48	57,98±8,47	4,98±3,47
Через 30 сут [After 30 days]	28,74±1,54	28,74±1,54	68,74±2,54	8,74±1,54	98,74±6,44	58,73±4,53	8,74±0,54
<i>Котята [Kittens]</i>							
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>							
До опыта [Before the experience]	39,96±3,40	36,66±5,40	79,96±2,40	9,96±0,40	69,96±3,40	70,06±1,40	8,96±1,40
Через 30 сут [After 30 days]	25,70±1,46	35,70±1,31	79,70±3,46	5,70±0,46	65,70±1,46	67,03±1,40	7,80±1,44
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>							
До опыта [Before the experience]	22,50±4,34	21,50±3,34	71,50±8,32	5,90±4,34	110,50±4,34	71,50±4,34	4,50±4,34
Через 30 сут [After 30 days]	27,74±1,74	23,14±4,74	77,74±8,71	5,74±1,74	114,75±1,7	27,74±1,74	4,64±1,74
<i>Контрольная группа [Control group]</i>							
До опыта [Before the experience]	30,70±2,37	36,70±2,37	66,20±2,98	6,70±2,37	120,34±7,31	55,40±2,33	6,70±2,30
Через 30 сут [After 30 days]	34,56±1,44	44,56±1,44	64,54±1,84	8,55±3,34	121,56±7,44	51,56±4,44	4,56±1,40

Таблица 6 [Table 6]

Биохимические показатели сыворотки крови контрольных и опытных собак и щенят до и после применения препарата в повышенных дозах
[Biochemical parameters of blood serum of control and experimental dogs and puppies before and after the use of the drug in increased doses] (n = 5, P > 0,05)

Время исследования [Study time]	АсАТ, ЕД/л [AST, Units/l]	АлАТ, ЕД/л [ALT, Units/l]	ЩФ, ЕД/л [ALKP, Units/l]	Мочевина, ммоль/л [UREA, mmol/l]	Креатинин, мкмоль/л [CREA, μmol/l]	Общий белок, г/л [TP, g/l]	Общий билирубин, мкмоль/л [TBIL, μmol/l]
<i>Собаки [Dogs]</i>							
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>							
До опыта [Before the experience]	38,36±2,14	48,55±2,18	58,33±2,14	8,36±1,14	118,32±7,14	65,36±5,14	8,30±1,14
Через 30 сут [After 30 days]	32,98±2,06	42,98±2,04	52,98±3,01	7,97±1,06	112,88±7,06	62,78±5,04	8,98±2,00
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>							
До опыта [Before the experience]	30,28±3,60	40,88±3,80	60,68±3,50	3,28±0,10	114,28±4,61	40,28±3,77	4,28±1,60
Через 30 суток [After 30 days]	30,80±2,21	40,80±3,21	61,80±3,70	5,80±2,21	110,80±4,21	41,28±3,27	4,89±2,21
<i>Контрольная группа [Control group]</i>							
До опыта [Before the experience]	36,74±3,26	46,74±3,26	36,74±3,89	6,74±3,06	98,78±7,36	56,74±3,26	6,74±3,26
Через 30 сут [After 30 days]	32,52±1,89	42,52±1,89	32,52±1,96	5,52±1,07	100,82±7,88	52,52±1,89	4,52±1,84
<i>Щенята [Puppies]</i>							
<i>Опытная группа 1 [Experimental Group 1]</i>							
До опыта [Before the experience]	28,32±3,37	48,32±3,37	66,32±2,11	7,32±2,07	88,38±3,99	69,32±3,14	8,34±2,37
Через 30 сут [After 30 days]	24,28±1,73	44,28±1,73	65,28±3,01	4,28±1,03	74,28±2,79	64,28±1,87	4,28±2,04
<i>Опытная группа 2 [Experimental Group 2]</i>							
До опыта [Before the experience]	38,24±2,17	48,24±2,17	58,27±5,13	8,24±0,17	49,24±1,14	58,55±2,19	4,24±2,66
Через 30 сут [After 30 days]	27,34±1,57	47,34±1,57	52,31±5,52	7,34±0,33	50,34±1,47	57,31±1,52	6,34±1,56
<i>Контрольная группа [Control group]</i>							
До опыта [Before the experience]	25,34±2,84	49,34±2,84	59,34±2,83	8,34±0,11	99,34±2,35	68,34±2,11	9,58±2,80
Через 30 сут [After 30 days]	23,82±1,48	43,82±1,98	53,22±1,40	4,80±0,48	91,52±1,77	63,82±1,98	4,84±1,88

Заключение

Проведенные исследования показали безопасность применения испытуемых препаратов. Препараты «Инсакар Тотал С Плюс» и «Инсакар Тотал К Плюс» в 1,5 и 2 раза увеличенных терапевтических дозах, применяемых четырехкратно с интервалом 7 сут, не оказывают негативного воздействия на плотоядных животных разных возрастов. Изменений в поведении, температуре и массе тела, физическом состоянии, клиническом статусе, гематологических показателях крови и функций внутренних органов, отмечено не было.

Летальные исходы за период проведения исследований не регистрировались.

Список источников

1. Арисов М. В., Артемов В. В., Гламаздин И. Г., Демин А. И. Исследование переносимости комплексного противопаразитарного препарата «Инспектор ошейник» // Российский паразитологический журнал. 2016. Т. 38, Вып. 4. С. 547-553.
2. Арисов М. В., Степанов А. А. Токсикологическая оценка инсектоакарицидного препарата Инсакар при арахноэнтомозах плотоядных животных // Российский паразитологический журнал. 2012. № 1. С. 98-103.
3. Арисов М. В., Степанов В. А., Смирнова Е. С. Фармако-токсикологическая оценка комплексного противопаразитарного препарата для собак и кошек // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2014. № 4. С. 36-39.
4. Абрашова Т. В., Гуцин Я. А., Ковалева М. А., Рыбакова А. В., Селезнева А. И., Соколова А. П., Ходько С. В. Физиологические, биохимические и биометрические показатели нормы экспериментальных животных. Справочник. СПб.: ЛЕМА, 2013. 118 с.
5. Гост 13-5-2/1062. Ветеринарные препараты. Показатели качества. Требования и нормы. М., 1997.
6. Кондрахин И. П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. Справочник. М.: КолосС, 2004. 520 с.
7. Миронов А. М. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Ч. 1. М.: Гриф и К, 2012. 944 с.
8. Методы лабораторных исследований и испытаний медико-профилактических дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности: руководство. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 615 с.
9. Платонова А. О., Авсеева В. А. Современные Инсектоакарициды // Аллея науки. 2018. Т. 6. № 6 (22). С. 411-413.
10. Правила проведения доклинических и клинических исследований. Приказ Минсельхоза от 16.03.2018 № 101.
11. Степанов В. А., Арисов М. В., Смирнова Е. С. Токсикологическая оценка и инсектоакарицидная эффективность препаратов «РольфКлуб 3D спрей для собак» и «РольфКлуб 3D спрей для кошек» // Российский паразитологический журнал. 2014. № 3 (29). С. 112-117.
12. Хабриев Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: Медицина, 2005. 832 с.
13. Проекты инструкций по ветеринарному применению лекарственных препаратов «Инсакар Тотал С Плюс» и «Инсакар Тотал К Плюс».

Статья поступила в редакцию 30.11.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Махватова Надежда Владимировна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-3078-9335, nadya.mahvatova@ya.ru

Качанова Екатерина Олеговна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9222-0531, kachanova@vniigis.ru

Вклад соавторов:

Махватова Надежда Владимировна – проведение исследований, критический анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Качанова Екатерина Олеговна – анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Arisov M. V., Glamazdin I. G., Dyomin A. I., Artemov V. V. Tolerability research of complex antiparasitic preparation «Inspector collar». *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2016; 38 (4): 547–553. (In Russ.)
2. Arisov M. V., Stepanov A. A. Toxicological assessment of Insacar insecticidal drug in arachnoentomoses of carnivorous animals. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2012; 1: 98-103. (In Russ.)
3. Arisov M. V., Stepanov V. A., Smirnova E. S. Pharmaco-toxicological evaluation of a complex antiparasitic drug for dogs and cats. *Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal. Melkiye domashniye i dikiye zhivotnyye = Russian Veterinary Journal. Small domestic and wild animals*. 2014; 4: 36-39. (In Russ.)
4. Abrashova T. V., Gushchin Ya. A., Kovaleva M. A., Rybakova A. V., Selezneva A. I., Sokolova A. P., Khodko S. V. Reference Book. Normal physiological, biochemical and biometric parameters of experimental animals. St. Petersburg, LEMA, 2013. 118. (In Russ.)
5. Gost 13-5-2/1062. Veterinary drugs. Quality indicators. Requirements and norms. Moscow, 1997. (In Russ.)
6. Kondrakhin I. P. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics. Handbook. Moscow, KolosS, 2004; 520. (In Russ.)
7. Mironov A. M. Guidelines for conducting preclinical studies of medicines. Part 1. Moscow, Vulture and K, 2012; 944. (In Russ.)
8. Laboratory research and testing methods for medical and prophylactic disinfectants to assess their efficacy and safety. Guidelines. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2010; 615. (In Russ.)
9. Platonova A. O., Avseyeva V. A. Modern Insectoacaricides. *Alleya nauki = Alley of Science*. 2018; 6. No. 6 (22): 411-413. (In Russ.)
10. Rules for conducting preclinical and clinical studies. Order of the Ministry of Agriculture of 16.03.2018 № 101. (In Russ.)
11. Stepanov V. A., Arisov M. V., Smirnova E. S. Toxicological assessment and insecticidal efficacy of the preparations "RolfClub 3D spray for dogs" and "RolfClub 3D spray for cats". *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2014; 3 (29): 112-117. (In Russ.)
12. Khabriev R. U. Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. Moscow, Medicine, 2005; 832. (In Russ.)
13. Draft instructions on the veterinary use of medicines "Insakar Total C Plus" and "Insakar Total K Plus".

The article was submitted 30.11.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Makhvatova Nadezhda V., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia), Moscow, Russia, Postgraduate Student, ORCID ID: 0000-0002-3078-9335, nadya.mahvatova@ya.ru

Kachanova Ekaterina O., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-9222-0531, kachanova@vniigis.ru

Contribution of co-authors:

Makhvatova Nadezhda V. – research, analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

Kachanova Ekaterina O. – analysis and interpretation of the obtained data, preparation of the article.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.121.56

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-124-133>

Антимитотические эффекты экстракта протосколексов *Cysticercus tenuicollis* при введении мышам и их негативные последствия для организма

Тамара Самуиловна Новик¹, Елена Ивановна Ковешникова²,
Амина Аслановна Тхакахова³, Светлана Ивановна Чукина⁴,
Людмила Александровна Написанова⁵, Олег Николаевич Андреев⁶,
Александр Витальевич Успенский⁷

¹⁻⁷Всероссийский 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», Москва, Россия

¹novik.tamara@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9317-2052>

²koveshnikova.e.i@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4512-7772>

³amina7161@yandex.ru

⁴feruza7491@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7507-4165>

⁵napisanova2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0894-827X>

⁶1980oleg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3357-9322>

⁷a.v.uspensky@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9115-9890>

Аннотация

Цель исследований – изучить влияние экстракта протосколексов *Cysticercus tenuicollis* на деление клеток при различных путях введения мышам и оценить их негативные последствия для организма.

Материалы и методы. *C. tenuicollis* получали от спонтанно инвазированных овец в Кабардино-Балкарской Республике. Для приготовления соматического экстракта из протосколексов *C. tenuicollis* отмытый и подготовленный биоматериал измельчали и подвергали гомогенизации. Экстрагирование белков осуществляли фосфатно-солевым буфером pH 7,2–7,4, затем центрифугировали при 15000 об/мин в центрифуге. Экстракт *C. tenuicollis* вводили внутрибрюшинно и внутривенно мышам-самцам массой 18–22 г в дозе 80 мкг белка/животное. Контрольной группе мышей внутривенно вводили по 0,1 мл физиологического раствора. Мышей убивали декапитацией через 3; 6; 24 и 48 ч после введения исследуемого материала. У опытных и контрольных мышей отбирали образцы костного мозга для приготовления микроскопических препаратов для оценки митотической активности в данной популяции клеток. Определяли митотический индекс, регистрировали все стадии митоза. Во временные точки в пробирки с антикоагулянтом отбирали образцы крови для определения основных гематологических показателей мышей после внутривенного и внутрибрюшинного введения экстракта *C. tenuicollis*. Основные показатели периферической крови мышей определяли на гематологическом анализаторе, лейкоцитарную формулу – общепринятым методом. У опытных и контрольных животных отбирали образцы печени, почек, селезенки, брыжеечных лимфатических узлов и семенников для макроскопических и микроскопических исследований.

Результаты и обсуждение. Экстракт протосколексов *C. tenuicollis* привел к угнетению клеточного деления в популяции клеток костного мозга и семенников мышей при внутривенном и внутрибрюшинном введении в дозе 80 мкг/животное с накоплением метафаз и снижением доли других стадий. При обоих путях введения отмечали снижение числа лейкоцитов в крови мышей. Наблюдаемые микроскопические изменения в семенниках, селезенке и лимфатических узлах либо отражают последствия антимитотического действия экстракта, либо ответную иммунную реакцию организма мышей на введение белкового экстракта *C. tenuicollis*.

Ключевые слова: протосколексы, *Cysticercus tenuicollis*, экстракт, митоз, антимитотическое действие, гематологические показатели, мыши



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

Благодарности. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), составляющей основу государственного задания № FGUG-2022-0012.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Новик Т. С., Ковешникова Е. И., Тхакахова А. А., Чукина С. И., Написанова Л. А., Андрянов О. Н., Успенский А. В. Антимитотические эффекты экстракта протосколексов *Cysticercus tenuicollis* при введении мышам и их негативные последствия для организма // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 124–133.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-124-133>

© Новик Т. С., Ковешникова Е. И., Тхакахова А. А., Чукина С. И., Написанова Л. А., Андрянов О. Н., Успенский А. В., 2023

Original article

Antimitotic effects of *Cysticercus tenuicollis* protoscolexes extract at administration to mice and their negative consequences for organism

Tamara S. Novik¹, Elena I. Koveshnikova², Amina A. Tkhakakhova³, Svetlana I. Chukina⁴,
Ludmila A. Napisanova⁵, Oleg N. Andreyanov⁶, Aleksander V. Uspensky⁷

¹⁻⁷All-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

¹novik.tamara@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9317-2052>

²koveshnikova.e.i@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4512-7772>

³amina7161@yandex.ru

⁴feruza7491@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7507-4165>

⁵napisanova2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0894-827X>

⁶1980oleg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3357-9322>

⁷a.v.uspensky@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9115-9890>

Abstract

The purpose of the research is studying of *Cysticercus tenuicollis* protoscolexes extract effects on cell division at different routes of administration to mice and evaluation of the associated negative effects.

Materials and methods. *C. tenuicollis* were obtained from spontaneously infected sheep in Kabardino-Balkarian Republic. *C. tenuicollis* protoscolexes were washed, crushed and homogenized. Protein extraction was performed with phosphate buffered saline pH 7.2–7.4. *C. tenuicollis* extract was administered intraperitoneally and intravenously to mice males at the dose level of 80 µg protein/animal. The control group of mice was intravenously injected with 0.1 ml of saline. At hours 3; 6; 24 and 48 post extract administration mice were euthanized. Bone marrow samples were taken from experimental and control mice for preparation of microscopic preparations to assess mitotic activity in a given cell population. The mitotic index was determined, all stages of mitosis were recorded. At the above time points blood samples were taken from mice to determine the main hematological parameters post intravenous and intraperitoneal administration of *C. tenuicollis* extract. The main hematological parameters of mice were determined using hematological analyzer MicroCC-20 Plus (High Technology, Inc. (USA)); leukocyte formula – by the generally accepted method. Samples of liver, kidneys, spleen, mesenteric lymph nodes and testes were taken from experimental and control animals for macroscopic and microscopic studies.

Results and discussion. *C. tenuicollis* protoscolices extract leads to inhibition of cell division in the population bone marrow and testes cells in mice when administered intravenously and intraperitoneally at the dose level of 80 µg/animal manifested in accumulation of metaphases and decrease of other stages. At both routes of administration a decrease in leukocyte counts was noted. The observed microscopic changes in testes, spleen and lymph nodes either reflect the consequences of extract antimitotic effect or the immune response to the administration of *C. tenuicollis* extract.

Keywords: protoscolexes, *Cysticercus tenuicollis*, extract, mitosis, antimitotic effect, hematological parameters, mice

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: Novik T. S., Koveshnikova E. I., Tkhakakhova A. A., Chukina S. I., Napisanova L. A., Andreyanov O. N., Uspensky A. V. Antimitotic effects of *Cysticercus tenuicollis* protoscolexes extract at administration to mice and their negative consequences for organism. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):124–133. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-124-133>

© Novik T. S., Koveshnikova E. I., Tkhakakhova A. A., Chukina S. I., Napisanova L. A., Andreyanov O. N., Uspensky A. V., 2023

Введение

При паразитарных инвазиях, а также при введении продуктов паразитов, относящихся к различным таксономическим группам, митотический аппарат и процесс клеточного деления у животных-хозяев становится мишенью для воздействия и подвергается выраженным изменениям негативного характера [1-5, 9, 10]. При этом, эффекты каждого паразита являются уникальными, имеют свои особенности, но проявляются и общие тенденции, выражающиеся в патологическом воздействии на митоз.

Целесообразно было продолжить серию исследований, посвященных оценке влияния паразитов различной локализации в организме хозяина и продуктов их метаболизма на клеточное деление, а также установить возможные последствия таких эффектов.

Предмет наших исследований – экстракт протосколексов *Cysticercus tenuicollis*. *C. tenuicollis* представляет собой личиночную стадию ленточного паразита *Taenia hydatigena* и является возбудителем тениюкольного цистицеркоза у жвачных и свиней. В основном, гельминт поражает печень и серозные покровы животных; чаще всего его регистрируют у овец.

Целью наших исследований было изучение влияния экстракта протосколексов *C. tenuicollis* при его парентеральном введении мышам на процесс деления клеток и оценка последствий такого феномена для организма.

Материалы и методы

Эксперименты на животных проводили в соответствии с правилами, принятыми Европейской Конвенцией по защите позвоночных

животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей [11]. Мышей содержали в виварии согласно санитарным правилам и на стандартном рационе в соответствии с нормативными документами, действующими в период выполнения настоящих экспериментов [6-8].

Корм представлял собой сухой брикетированный корм ПК-120 ГОСТ Р 51849-2011 Р.5 (ООО «Лабораторкорм», г. Москва).

Для питья использовали водопроводную воду, которую давали *ad libitum* из стандартных поилок.

Животных содержали в контролируемых условиях при температуре воздуха 20–22 °С и относительной влажности 60–70%. Температуру и влажность воздуха контролировали в каждом помещении ежедневно и показания документировали. Освещение – естественно-искусственное (12 ч свет/12 ч темнота).

C. tenuicollis получали от спонтанно инвазированных овец в Кабардино-Балкарской Республике. Для приготовления соматического экстракта из протосколексов *C. tenuicollis* отмытый и подготовленный биоматериал измельчали, подвергали гомогенизации в фарфоровой ступке, помещенной в посуду со льдом. В процессе гомогенизации биоматериал подвергали многократному замораживанию и оттаиванию, что позволяло получать однородную гомогенную массу. Экстрагирование белков осуществляли в фосфатно-солевом буферном растворе рН 7,2–7,4 в соотношении 1 : 10 в течение 36–48 ч на магнитной мешалке при 4 °С, затем центрифугировали при 15 тыс. об/мин в течение 15–20 мин. в цен-

трифуге с охлаждением Optima TLX (настольная центрифуга, контролируемая микропроцессом Beckman Coulter International S.A.).

Надосадочную жидкость – экстракт использовали для введения мышам.

Экстракт *C. tenuicollis* вводили двумя путями (внутрибрюшинно и внутривенно) мышам-самцам массой 18–22 г в дозе 80 мкг белка/животное. Контрольной группе мышей внутривенно вводили по 0,1 мл физиологического раствора. Мышей убивали декапитацией через 3, 6, 24 и 48 ч после введения исследуемого материала. У опытных и контрольных мышей отбирали образцы костного мозга для приготовления микроскопических препаратов для оценки митотической активности в данной популяции клеток.

Выделение клеток костного мозга и приготовление препаратов проводили по методике, описанной в литературе [12]. Препараты исследовали с использованием микроскопа Zeiss Axio Imager.

Определяли митотический индекс, который выражали в процентах. Регистрировали все стадии митоза и также выражали в процентах.

В указанные временные точки в пробирки с антикоагулянтом отбирали образцы крови для определения основных гематологических показателей мышей после внутривенного и внутрибрюшинного введения экстракта *C. tenuicollis*.

Основные показатели периферической крови мышей определяли на гематологическом анализаторе «MicroCC-20 Plus» («High Technology, Inc.» (США)) с использованием реактивов ООО «Клиникал Диагностик солюшнз» (Россия), лейкоцитарную формулу – общепринятым методом.

Кроме того, у опытных и контрольных животных отбирали образцы печени, почек, селезенки, брыжеечных лимфатических узлов и семенников для макро- и микроскопических исследований. Материал фиксировали в 10%-ном формалине и заливали в парафин. Гистологические срезы делали на микротоме «Mісrom НМ325» (Германия) и окрашивали гематоксилином и эозином. Микроскопические препараты исследовали под микроскопом «Micros» (Австрия) при увеличении 90 × 10.

Статистическую обработку данных осуществляли методом вариационной статистики с помощью простого сравнения средних по двухстороннему t-критерию Стьюдента. Различия определяли при 0,05 уровне значимости.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки пролиферативной активности клеток костного мозга после внутривенного и внутрибрюшинного введения экстракта *C. tenuicollis* мышам приведены в таблице 1.

Через 3, 6, 24 и 48 ч после внутривенного введения экстракта протосколексов *C. tenuicollis* значение митотического индекса в популяции клеток костного мозга достоверно не изменялось и составило соответственно $2,33 \pm 0,76$; $0,83 \pm 0,45$; $1,70 \pm 0,65$ и $1,83 \pm 0,067\%$ по сравнению с $1,28 \pm 0,56\%$ в контроле.

Однако, во все сроки исследований имели место изменения доли отдельных стадий митоза (табл. 1). Так, наблюдали резкое повышение относительного числа метафаз (в указанной временной динамике соответственно $70,97 \pm 2,27$; $66,67 \pm 2,36$; $61,76 \pm 2,43$ и $76,71 \pm 2,12\%$ против $47,06 \pm 2,50\%$ в контроле).

Уже через 3 ч статистически значимо снизилось число всех других стадий митоза: профаз ($11,83 \pm 1,62\%$ по сравнению с $21,57 \pm 2,06\%$ в контроле), анафаз ($11,83 \pm 1,62\%$ по сравнению с $17,65 \pm 1,91\%$ в контроле) и телофаз ($5,38 \pm 1,13\%$ по сравнению с $13,73 \pm 1,72\%$ в контроле).

Через 6, 24 и 48 ч доля анафаз и телофаз была стойко ниже по сравнению с контролем; исключение составили профазы, содержание которых через 6 ч имело тенденцию к повышению, но она не была статистически значимой (табл. 1).

В таблице 1 также приведены данные по оценке влияния экстракта протосколексов *C. tenuicollis* после его внутрибрюшинного введения.

Результаты по своему характеру и временному паттерну сопоставимы с таковыми, полученными при внутривенном введении, что не вызывает удивления, поскольку эти два пути близки по биодоступности вводимых соединений.

С учетом этого обстоятельства отметим основные тенденции. Так, на все сроки ис-

Таблица 1 [Table 1]

Влияние экстракта протосколексов *C. tenuicollis* на митоз клеток костного мозга мышей после внутривенного и внутрибрюшинного введения ($n = 4, P \geq 0,05$)

[Effect of *C. tenuicollis* protoscolex extract on mouse bone marrow cell mitosis after intravenous and intraperitoneal administration ($n = 4, P \geq 0.05$)]

Срок исследования (ч) после введения экстракта [Research period (h) after extract introduction]	Митотич. индекс, % [Mitotic index, %]	Процентное соотношение стадий митоза [Percentage of mitosis stages]			
		профаза [prophase]	метафаза [metaphase]	анафаза [anaphase]	телофаза [telophase]
<i>Внутривенное введение [Intravenous administration]</i>					
3	2,33±0,76 t = 1,12	11,83±1,62* t = 3,72	70,97±2,27* t = 7,07	11,83±1,62* t = 2,33	5,37±1,13* t = 4,05
6	0,83±0,45 t = 0,63	27,27±2,23 t = 1,88	66,67±2,36* t = 5,70	3,03±0,86* t = 6,96	3,03±0,86* t = 5,57
24	1,70±0,65 t = 0,49	17,66±1,91 t = 1,40	61,76±2,43* t = 4,21	10,29±1,52* t = 3,02	10,29±1,52 t = 1,50
48	1,83±0,67 t = 0,63	10,96±1,56* t = 4,11	76,71±2,12* t = 9,04	8,22±1,38* t = 4,00	4,11±0,99* t = 4,86
<i>Внутрибрюшинное введение [Intraperitoneal administration]</i>					
3	1,48±0,60 t = 0,24	15,26±1,80* t = 2,32	74,58±2,18* t = 8,29	8,47±1,39* t = 3,89	1,69±0,65* t = 6,54
6	0,53±0,36 t = 1,14	33,34±2,36* t = 3,76	57,14±2,48* t = 2,86*	4,76±1,07* t = 5,89	4,76±1,07* t = 4,44
24	1,95±0,69 t = 0,75	17,95±1,92 t = 1,28	64,10±2,40* t = 4,91	10,26±1,52* t = 3,03	7,69±1,33* t = 2,78
48	0,70±0,42 t = 0,83	17,86±1,92 t = 1,28	75,00±2,17* t = 8,44	3,57±0,93* t = 6,64	3,57±0,93* t = 5,21
Контроль [Control]	1,28±0,56	21,57±2,06	47,06±2,50	17,65±1,91	13,73±1,72

Примечание. [Note]. * - $P \geq 0,05$ (различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами) [(the difference in this indicator is statistically significant between the experimental and control groups)]

следования значение митотического индекса в популяции клеток костного мозга не отклонялось от контрольного значения и составило соответственно 1,48±0,60; 0,53±0,36; 1,95±0,69 и 0,70±0,42% по сравнению с 1,28±0,56% в контроле. Во все сроки исследований имело место резкое повышение доли метафаз (74,58±2,18; 57,14±2,48; 64,10±2,40 и 75,00±2,17% против 47,06±2,50% в контроле) (табл. 1).

В отношении других стадий митоза, то после введения экстракта *C. tenuicollis* на все сроки отмечали снижение числа анафаз и телофаз. Как и при внутривенном введении, через 3 ч доля профаз снижалась, через 6 ч, напротив, достоверно превышала контрольное значение, а спустя 24 и 48 ч не отличалась значимо от контроля (табл. 1).

Таким образом, экстракт *C. tenuicollis* приводил к угнетению митоза в популяции клеток костного мозга мышей при обоих путях введения, несмотря на некоторые имеющиеся в каждом случае незначительные особенности проявления данного эффекта.

Вышеописанные антимиотические эффекты могли привести к нарушению гемопоэза, и, в конечном счете, к снижению числа форменных элементов в крови мышей.

При внутривенном введении экстракта протосколексов *C. tenuicollis* имело место достоверное снижение числа лейкоцитов через 3, 6 и 48 ч (соответственно 3,35±0,79; 3,43±0,21 и 5,08±0,45 10⁹/л против 7,83±0,47 10⁹/л в контроле) (табл. 2).

После внутрибрюшинного введения экстракта *C. tenuicollis* также отмечали статистически значимое снижение числа лейкоцитов через 3, 24 и 48 ч (4,19±0,37; 3,83±0,34 и 5,35±0,70 10⁹/л против 7,83±0,47 10⁹/л в контроле). Через 6 ч после введения экстракта установлена только тенденция к снижению уровня лейкоцитов. Однако, относительное число отдельных субпопуляций лейкоцитов (лейкоцитарная формула) оставалось без изменений.

Кроме того, имело место снижение среднего содержания гемоглобина в эритроците и средней концентрации гемоглобина в эритроците через 24 ч после внутрибрюшинного введения экстракта (соответственно 15,62±0,22 пг и 256,08±3,84 г/л против контрольных значений 18,68±0,89 пг и 322,02±10,44 г/л).

Остальные тестированные показатели не подверглись статистически значимым изменениям (табл. 2, 3).

Таблица 2 [Table 2]

Гематологические показатели у мышей через 3, 6 и 48 ч после внутривенного введения экстракта протосколексов *C. tenuicollis* (n = 4; P ≤ 0,05)
[Hematological parameters in mice 3, 6, and 48 hours after intravenous administration of *C. tenuicollis* protoscolex extract (n = 4; P ≤ 0.05)]

Параметр [Parameter]	Значение параметра в сроки (ч) после введения экстракта [The value of the parameter in terms (h) after the introduction of the extract]			
	3	6	48	контроль [control]
Гематокрит, % [Hematocrit, %]	42,09±2,12 t = 0,44	35,09±3,94 t = 0,67	41,09±1,34 t = 0,27	39,64±4,38
Гемоглобин, г/л [Hemoglobin, g/l]	120,75±3,79 t = 0,39	108,75±14,67 t = 0,81	119,00±4,81 t = 0,50	126,25±11,50
Эритроциты, 10 ¹² /л [Erythrocytes, 10 ¹² /l]	7,24±0,31 t = 0,14	6,49±0,89 t = 0,42	7,31±0,22 t = 0,20	7,09±0,88
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг [Average content of hemoglobin in an erythrocyte, pg]	16,73±0,56 t = 1,74	16,83±0,87 t = 1,37	16,28±0,33 t = 2,42	18,68±0,80
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л [Average concentration of hemoglobin in erythrocyte, g/l]	287,85±7,14 t = 2,34	307,35±15,37 t = 0,68	289,65±7,20 t = 2,21	322,02±10,44
Средний объем эритроцита, мкм ³ [Average erythrocyte volume, μm ³]	58,13±1,64 t = 0,07	54,80±1,74 t = 1,34	56,22±0,35 t = 1,35	57,98±1,07
Показатель анизоцитоза эритроцитов, % [Erythrocyte anisocytosis index, %]	29,11±1,27 t = 0,03	31,94±1,54 t = 1,37	30,55±0,29 t = 1,37	29,16±0,83
Лейкоциты, 10 ⁹ /л [White blood cells, 10 ⁹ /l]	3,35±0,79* t = 4,23	3,43±0,21* t = 7,37	5,08±0,45* t = 3,66	7,83±0,47
Тромбоциты, 10 ⁹ /л [Platelets, 10 ⁹ /l]	1523,75±86,82 t = 2,06	2420,50±194,41 t = 0,72	2073,83±269,84 t = 0,20	2157,75±251,77
<i>Лейкограмма, % [Leukogram, %]</i>				
Палочкоядерные нейтрофилы [Rodshaped neutrophils]	2,50±1,04 t = 0,41	1,50±0,96 t = 0,14	1,75±0,63 t = 0	1,75±1,18
Сегментоядерные нейтрофилы [Segmented neutrophils]	14,25±2,59 t = 0,06	12,75±2,59 t = 0,29	14,00±1,78 t = 0	14,00±2,68
Эозинофилы [Eosinophils]	0,50±0,29 t = 0,39	0,50±0,29 t = 0,39	1,00±0 t = 0,45	0,75±0,48
Базофилы [Basophils]	0,25±0,25 t = 0,87	0,75±0,25 t = 0,29	1,25±0,48 t = 0,25	1,00±0,71
Моноциты [Monocytes]	2,00±0,41 t = 0	2,75±0,25 t = 1,03	2,25±0,85 t = 0,21	2,00±0,58
Лимфоциты [Lymphocytes]	80,50±2,33 t = 0	81,75±2,46 t = 0,27	79,75±2,87 t = 0,15	80,50±3,23

Примечание. [Note]. * - P ≤ 0,05 при t_{критическом} = 2,45 (различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами) [(the difference in this indicator is statistically significant between the experimental and control groups)]

Макро- и микроскопическое исследование органов мышей. При макроскопическом исследовании печени, почек, селезенки, лимфатических узлов и семенников мышей после введения экстракта *C. tenuicollis* патологических изменений не обнаружено.

При микроскопическом исследовании печени и почек мышей после введения экстракта *C. tenuicollis* патологии также не наблюдали. Однако, на микроскопических препаратах селезенки, лимфатических узлов и семенников мышей были обнаружены изменения.

При внутривенном и внутрибрюшинном введении наблюдали схожие изменения. Однако, поскольку имелись небольшие различия, то описание приводим для двух путей введения экстракта по отдельности.

Внутривенное введение

Селезенка. 3 ч – сильно выраженный экстрамедуллярный гемопоэз, 6 ч – сильно выраженный экстрамедуллярный гемопоэз, 24 ч – сильно выраженный экстрамедуллярный гемопоэз, 48 ч – сильно выраженный экстрамедуллярный гемопоэз.

Лимфатические узлы (брыжеечные). 3 ч – умеренная гиперплазия герминативных центров, 6 ч – умеренная гиперплазия герминативных центров, 24 ч – умеренная гиперплазия герминативных центров, 48 ч – умеренная гиперплазия герминативных центров.

Семенники. 3 ч – незначительно выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интратубулярной остановки созревания с блокирова-

Таблица 3 [Table 3]

Гематологические показатели у мышей через 3, 6, 24 и 48 ч после внутрибрюшинного введения экстракта протосколексов *C. tenuicollis* (n = 4; P ≤ 0,05)

[Hematological parameters in mice 3, 6, 24 and 48 hours after intraperitoneal injection of *C. tenuicollis* protoscolex extract (n = 4; P ≤ 0.05)]

Параметр [Parameter]	Значение параметра в сроки (ч) после введения экстракта [The value of the parameter in terms (h) after the introduction of the extract]				
	3	6	24	48	контроль [control]
Гематокрит, % [Hematocrit, %]	39,88±4,54 t = 0,03	42,80±1,98 t = 0,57	39,69±6,62 t = 0,01	46,50±3,11 t = 1,11	39,64±4,38
Гемоглобин, г/л [Hemoglobin, g/l]	115,75±11,29 t = 0,56	131,50±7,69 t = 0,33	101,50±16,95 t = 1,05	136,50±6,24 t = 0,68	126,25±11,50
Эритроциты, 10 ¹² /л [Erythrocytes, 10 ¹² /l]	7,06±0,82 t = 0,03	7,43±0,21 t = 1,01	6,46±1,03 t = 0,40	7,78±0,30 t = 1,19	7,09±0,88
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг [Average content of hemoglobin in an erythrocyte, pg]	16,79±0,93 t = 1,34	17,70±0,89 t = 0,71	15,62±0,22* t = 3,21	17,57±1,02 t = 0,75	18,68±0,80
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л [Average concentration of hemoglobin in erythrocyte, g/l]	295,93±15,06 t = 1,23	370,19±11,04 t = 0,84	256,08±3,84* t = 5,13	295,44±13,46 t = 1,35	322,02±10,44
Средний объем эритроцита, мкм ³ [Average erythrocyte volume, μm ³]	56,71±0,28 t = 0,99	57,53±1,32 t = 0,23	61,03±1,00 t = 1,80	59,75±2,70 t = 0,53	57,98±1,07
Показатель анизоцитоза эритроцитов, % [Erythrocyte anisocytosis index, %]	30,12±0,24 t = 0,97	29,53±1,03 t = 0,24	26,87±0,71 t = 1,82	28,05±1,99 t = 0,44	29,16±0,83
Лейкоциты, 10 ⁹ /л [White blood cells, 10 ⁹ /l]	4,19±0,37* t = 5,23	6,40±0,20 t = 2,42	3,83±0,34* t = 5,97	5,35±0,70* t = 2,53	7,83±0,47
Тромбоциты, 10 ⁹ /л [Platelets, 10 ⁹ /l]	1786,75±165,84 t = 1,07	1589,00±86,74 t = 1,85	1553,25±507,44 t = 0,92	1404,75±189,23 t = 2,07	2157,75±251,77
<i>Лейкограмма, % [Leukogram, %]</i>					
Палочкоядерные нейтрофилы [Rod-shaped neutrophils]	0,75±0,48 t = 0,68	1,75±0,85 t = 0	1,75±0,85 t = 0	1,50±0,96 t = 0,14	1,75±1,18
Сегментоядерные нейтрофилы [Segmented neutrophils]	12,75±1,03 t = 0,38	8,25±2,21 t = 1,43	15,25±2,53 t = 0,29	11,75±2,46 t = 0,54	14,00±2,68
Эозинофилы [Eosinophils]	1,00±0,41 t = 0,34	0±0 t = 0,36	0,25±0,25 t = 0,80	0,25±0,25 t = 0,80	0,75±0,48
Базофилы [Basophils]	2,00±0,58 t = 0,95	3,00±1,22 t = 1,22	1,25±0,48 t = 0,25	2,00±0,82 t = 0,80	1,00±0,71
Моноциты [Monocytes]	2,00±0,41 t = 0	2,00±0,82 t = 0	3,00±0,91 t = 0,80	2,00±0 t = 0	2,00±0,58
Лимфоциты [Lymphocytes]	81,50±0,29 t = 0,27	85,00±3,03 t = 0,88	78,50±2,10 t = 0,45	82,50±2,75 t = 0,41	80,50±3,23

Примечание. [Note]. * - P ≤ 0,05 при t_{критическом} = 2,45 (различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами) [(the difference in this indicator is statistically significant between the experimental and control groups)]

нием процесса созревания), 6 ч - незначительно выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интрагубулярной остановки созревания с блокированием процесса созревания), 24 ч - выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интрагубулярной остановки созревания с блокированием процесса созревания), гиперплазия клеток Лейдига, в просвете канальцев - клетки типа элементов синцитиотрофобласта.

Внутрибрюшинное введение

Селезенка. 3 ч - сильно выраженный экстрамедулярный гемопоэз, 6 ч - сильно выраженный экстрамедулярный гемопоэз, 24 ч - норма, 48 ч - сильно выраженный экстрамедулярный гемопоэз.

Лимфатические узлы (брыжеечные). 6 ч - умеренная гиперплазия герминативных центров, 24 ч - умеренная гиперплазия герминативных центров, 48 ч - умеренная гиперплазия герминативных центров.

Семенники. 3 ч – незначительно выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интратубулярной остановки созревания с блокированием процесса созревания), 6 ч – незначительно выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интратубулярной остановки созревания с блокированием процесса созревания), 24 ч – выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интратубулярной остановки созревания с блокированием процесса созревания), гиперплазия клеток Лейдига, в просвете канальцев – клетки типа элементов синцитиотрофобласта, 48 ч – сильно выраженный процесс гипосперматогенеза (небольшое число канальцев претерпело стадию интратубулярной остановки созревания с блокированием процесса созревания), часть канальцев содержат только клетки Сертоли.

Изменения, отмеченные в лимфатических узлах, в частности, гиперплазия герминативных центров, характерны для иммунной реакции организма в ответ на стимуляцию белковым экстрактом и, скорее всего, не связаны с его антимитотическим действием.

С другой стороны, лейкопения и изменения, обнаруженные на микроскопических препаратах селезенки и семенников, на наш взгляд, являются прямым следствием антимитотических эффектов экстракта *C. tenuicollis*, сходных с действием цитостатиков.

Экстрамедулярный гемопоэз в селезенке можно рассматривать в качестве адаптационной реакции, которая является проявлением компенсаторного механизма, направленного на преодоление нарушений в кроветворении, вызванных исследуемым экстрактом.

Особый интерес представляют вышеописанные изменения на микроскопических препаратах семенников. В организме млекопитающих, помимо популяции клеток костного мозга, которая характеризуется высокой пролиферативной активностью, мужские половые клетки являются еще одной популяцией активно делящихся клеток (в данном случае имеет место мейоз). В настоящей работе непосредственно не определяли митотический индекс и отдельные стадии деления клеток семенников, однако выявленные микроскопические патологические изменения свиде-

тельствуют о том, что введение экстракта *C. tenuicollis* также оказало отрицательное влияние и на данный тип клеточного деления. Если говорить о дальнейших последствиях такого эффекта, то нарушения сперматогенеза могут привести к снижению генеративной функции у самцов.

Таким образом, внутривенное и внутрибрюшинное введение экстракта протосколексов *C. tenuicollis* привело к последовательности целого ряда патологических изменений, выражающихся в остановке клеточного деления в популяции клеток костного мозга и семенников, угнетении кроветворения и изменении гематологических показателей, нарушении сперматогенеза и компенсаторных изменений в селезенке. Мы предполагаем, что выявленные изменения, характерные для экстракта протосколексов *C. tenuicollis*, можно экстраполировать на саму инвазию, тениюкольный цистицеркоз, и предположить, и что схожие изменения имеют место при данной инвазии у сельскохозяйственных животных.

Заключение

Экстракт протосколексов *C. tenuicollis* приводит к угнетению клеточного деления в популяции клеток костного мозга и семенников мышей при внутривенном и внутрибрюшинном введении в дозе 80 мкг/животное с накоплением метафаз и снижением доли других стадий. При обоих путях введения отмечали снижение числа лейкоцитов в крови мышей. Наблюдаемые микроскопические изменения в семенниках, селезенке и лимфатических узлах либо отражают последствия антимитотического действия экстракта, либо ответную иммунную реакцию организма мышей на введение белкового экстракта *C. tenuicollis*.

Список источников

1. Гордина Е. В. Кариопатическое и патоморфологическое действие продуктов метаболизма *Fasciola hepatica* и *Bacillus subtilis*: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Пермь, 2016. 24 с.
2. Ковешникова Е. И., Новик Т. С., Руднева О. В., Чукина С. И. Исследование влияния трихинелл различных видов и стадий развития на митоз у хозяина // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. № 2. С. 9-14. <https://doi.org/10.33092/0025-8326mp2020.2.09-14>
3. Ковешникова Е. И., Новик Т. С., Написанова Л. А., Чукина С. И., Руднева О. В. Оценка кариопа-

- тического действия и общей переносимости экстрактов *Trichinella spiralis* и *E. multilocularis* у мышей // Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 4. С. 90–98. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-4-90-98>
4. Новик Т. С., Ковешникова Е. И., Чукина С. И., Написанова Л.А., Андреев О. Н. Влияние экстрактов *Trichinella spiralis* и *E. multilocularis* при однократном и многократном введении на митоз, гематологические и биохимические показатели у мышей // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 4. С. 411–420. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-4-411-420>
 5. Максименко С. Н. Влияние инвазии *Trichinella spiralis* и *Trichinella pseudospiralis* на митоз клеток костного мозга у мышей и проявление антимитотического действия албендазола // Труды Всерос. ин-та гельминтологии им. К. И. Скрябина. 2007. Т. 43. С. 166-175.
 6. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 708н от 23.08.2010. «Правила лабораторной практики».
 7. Приказ МЗ СССР № 755 от 12.08.77 г. «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных».
 8. Приказ МЗ СССР № 1045-73 от 6.04.73 г. «Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально биологических клиник (вивариев)».
 9. Сивкова Т. Н. Кариопатическое действие продуктов личинок анизакид на соматические и половые клетки лабораторных крыс при пероральном введении // Материалы докладов научной конференции «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». М., 2009. Вып. 10. С. 366-370.
 10. Согрин А. В. Дирофиляриоз служебных собак в Пермском крае (распространение, серологический мониторинг, кариопатическое действие антигенов *Dirofilaria immitis* и противопаразитарных препаратов): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. 26 с.
 11. European Convention for Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986.
 12. Ford C. E., Hamerton J. L. A colchicines, hypotonic citrate squash sequence for mammalian chromosomes. *Stain Technol.* 1956; 31 (6): 247-251.

Статья поступила в редакцию 06.06.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Новик Тамара Самуиловна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0001-9317-2052, novik.tamara@mail.ru

Ковешникова Елена Ивановна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-4512-7772, koveshnikova.e.i@yandex.ru

Тхакахова Амина Аслановна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, amina7161@yandex.ru

Чукина Светлана Ивановна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-7507-4165, feruza7491@mail.ru

Написанова Людмила Александровна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-0894-827X, napisanova2015@yandex.ru

Андреев Олег Николаевич, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0003-3357-9322, 1980oleg@mail.ru

Успенский Александр Витальевич, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-9115-9890, a.v.uspensky@yandex.ru

Вклад соавторов:

Новик Тамара Самуиловна – научное руководство, проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, критический анализ материала, подготовка статьи.

Ковешникова Елена Ивановна – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, критический анализ материала, подготовка статьи.

Тхакахова Амина Аслановна – анализ и интерпретация полученных данных, критический анализ материала.

Чукина Светлана Ивановна – проведение исследований, критический анализ материала.

Написанова Людмила Александровна – приготовление экстракта для проведения исследований.

Андреев Олег Николаевич – обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных результатов.

Успенский Александр Витальевич – анализ полученных результатов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Gordina E. V. Caryopathic and pathomorphological effects of metabolic products of *Fasciola hepatica* and *Bacillus subtilis*: authoref. dis. ... cand. vet. sci. Perm, 2016; 24. (In Russ.)
- Investigation of effects of trichinella of different species and development stages on mitosis in a host. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*. 2020; 2: 9-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.33092/0025-8326mp2020.2.09-14>
- Koveshnikova E. I., Novik T. S., Napisanova L. A., Chukina S. I., Rudneva O. V. Evaluation of karyopathic effects and general safety of *Trichinella spiralis* and *Echinococcus multilocularis* extracts in mice. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (4): 90-98. (In Russ.). <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-4-90-98>
- Novik T. S., Koveshnikova E. I., Chukina S. I., Napisanova L. A., Andreyanov O. N., Arkhipov I. A., Kurochkina K. G. Effects of *Trichinella spiralis* and *Echinococcus multilocularis* extracts after single and multiple injections on mitosis and hematological and biochemical parameters of mice. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (4): 411-420. (In Russ.). <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-4-411-420>
- Maksimenko S. N. Effects of *Trichinella spiralis* and *Trichinella pseudospiralis* infection on mouse bone marrow cell mitosis and manifestation of the albendazole antimetabolic effect. *Proceedings of the All-Russian Institute of Helminthology named after K. I. Skryabin*. 2007; 43: 166-175. (In Russ.)
- Order by the Russian Federation Ministry of Health No. 708n dated 23/08/2010 on Laboratory Practice Rules. (In Russ.)
- Order by the USSR Ministry of Health No. 755 dated 12/08/1977 on Guidelines for Work Using Experimental Animals. (In Russ.)
- Order by the USSR Ministry of Health No. 1045- 73 dated April 6, 1973 on Sanitary Rules for Arrangement, Equipment and Maintenance of Experimental Biological Clinics (Vivariums)".
- Sivkova T. N. Caryopathic effects of *Anisakis* larvae products on somatic and germ cells of laboratory rats after oral administration. *Materials of the Scientific Conference "Theory and practice of parasitic disease control"*. M., 2009; 10: 366-370. (In Russ.)
- Sogrina A. V. Dirofilariosis of service dogs in the Perm region (distribution, serological monitoring, karyopathic effect of *Dirofilaria immitis* antigens and antiparasitic drugs): authoref. dis. ... cand. biol. sci. M., 2017; 26. (In Russ.)
- European Convention for Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986.
- Ford C. E., Hamerton J. L. A colchicines, hypotonic citrate squash sequence for mammalian chromosomes. *Stain Technol.* 1956; 31 (6): 247-251.

The article was submitted 06.06.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Novik Tamara S., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-9317-2052, novik.tamara@mail.ru

Koveshnikova Elena I., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-4512-7772, koveshnikova.e.i@yandex.ru

Tkhakakhova Amina A., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Cand. Sc. Biol., amina7161@yandex.ru

Chukina Svetlana I., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-7507-4165, feruza7491@mail.ru

Napisanova Lyudmila A., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0003-0894-827X, napisanova2015@yandex.ru

Andreyanov Oleg N., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Dr. Sc. Vet., ORCID ID: 0000-0003-3357-9322, 1980oleg@mail.ru

Uspensky Aleksander V., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-9115-9890, a.v.uspensky@yandex.ru

Contribution of co-authors:

Novik Tamara S. – academic supervision, research, obtained data analysis and interpretation, critical analysis of the material, article preparation.

Koveshnikova Elena I. – research, obtained data analysis and interpretation, critical analysis of the material, article preparation.

Tkhakakhova Amina A. - analysis and interpretation of the obtained data, critical analysis of the material.

Chukina Svetlana I. – research, critical analysis of the material.

Napisanova Lyudmila A. – extract preparation for research.

Andreyanov Oleg N. – publications review on the theme of the article, analysis of the results.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.132.2

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-134-141>

Оптимальные схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота

Иван Алексеевич Архипов¹, Анастасия Ивановна Варламова²,
Екатерина Олеговна Качанова³

¹⁻³Всероссийский 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», Москва, Россия

¹arkhipovhelm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

²arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

³kachanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-0531>

Аннотация

Цель исследований – изучить рациональные сроки применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта у молодняка крупного рогатого скота в условиях Нечерноземной зоны РФ.

Материалы и методы. Сроки начала повторного выделения яиц нематод с фекалиями крупного рогатого скота после применения некоторых антигельминтиков определяли на 50 телятах черно-пестрой породы массой тела 117–130 кг, спонтанно инвазированных стронгилятами пищеварительного тракта. Оптимальные схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота изучали на 109 телятах первого года выпаса в пастбищный период 2010 г. После нумерации животных взвешивали и разделяли на подопытные и контрольную группы. Каждую группу разделили на две подгруппы по 15–17 голов. Животные всех групп с 3 мая по 10 октября 2018 г. выпасались вместе в одном гурте на пастбище, где ранее выпасался крупный рогатый скот, инвазированный стронгилятами. Испытаны левамизол из группы имидазолов, альбен из группы бензимидазолов и аверсект-2 из группы макроциклических лактонов. Препараты применяли в терапевтических дозах: левамизол в дозе 7,5 мг/кг по ДВ внутримышечно, альбен в дозе 7,5 мг/кг с концентрированным кормом и аверсект-2 в дозе 0,2 мг/кг подкожно однократно. Левамизол вводили животным первой группы на 6, 10 и 14-й неделе выпаса, а животным второй группы – на 6 и 10-й неделе выпаса. Альбен применяли на молодняке крупного рогатого скота третьей группы на 6, 11 и 16-й неделе, а на животных четвертой группы – на 6 и 11-й неделе выпаса. Аверсект-2 вводили крупному рогатому скоту пятой группы на 6, 13 и 20-й неделе выпаса, а животным шестой группы – на 6 и 13-й неделе. Животные 7-й группы препарат не получали и служили контролем. У животных всех групп ежемесячно брали пробы фекалий и исследовали количественным методом с целью обнаружения яиц стронгилят пищеварительного тракта. Полученные результаты обработали статистически с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Испытания препаратов при желудочно-кишечных стронгилятозах молодняка крупного рогатого скота показали различную персистенность антигельминтного действия. После дегельминтизации животных единичные яйца стронгилят в их фекалиях повторно начали обнаруживать через 4 недели после введения левамизола, 5 недель после применения альбена и 7 недель после введения аверсекта-2. Наиболее рациональной схемой дегельминтизации молодняка крупного рогатого скота при стронгилятозах пищеварительного тракта является применение аверсекта-2 на 6 и 19-й неделе выпаса.

Ключевые слова: антигельминтики, оптимальная схема применения, крупный рогатый скот, альбен, аверсект-2, левамизол, эффективность

Благодарности. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), составляющей основу государственного задания № FGUG-2022-0012.



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

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Архипов И. А., Варламова А. И., Качанова Е. О. Оптимальные схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 134–141.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-134-141>

© Архипов И. А., Варламова А. И., Качанова Е. О., 2023

Original article

Optimal schemes for the use of anthelmintics at gastrointestinal strongylatosis of young cattle

Ivan A. Arkhipov¹, Anastasia I. Varlamova², Ekaterina O. Kachanova³

¹⁻³ All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV” (VNIIP – FSC VIEV), Moscow, Russia

¹ arkhipovhelm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

² arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

³ kachanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-0531>

Abstract

The purpose of the research is to study the rational terms for the use of anthelmintics in case of gastrointestinal strongylatosis of young cattle in Nonchernozem zone of the Russian Federation.

Materials and methods. The timing of the onset of re-isolation of nematode eggs with feces of cattle after the use of some anthelmintics was determined on 50 black-mottled calves weighing 117–130 kg, spontaneously infected with gastrointestinal strongylatosis. The optimal schemes for the use of anthelmintics in case of gastrointestinal strongylatosis of young cattle were studied on 109 calves of the first year of grazing in the pasture period of 2010. After numbering, the animals were weighed and divided into experimental and control groups. Each group was divided into two subgroups of 15–17 heads. Animals of all groups from May 3 to October 10, 2018 were grazed together in one herd on a pasture where cattle infected with strongylatosis had previously grazed. Levamisole from the group of imidothiazoles, Alben from the group of benzimidazoles and Aversect-2 from the group of macrocyclic lactones were tested. The drugs were used in therapeutic doses: levamisole at a dose of 7.5 mg/kg by AS intramuscularly, Alben at a dose of 7.5 mg/kg with concentrated feed, and Aversect-2 at a dose of 0.2 mg/kg subcutaneously once. Levamisole was administered to the animals of the first group on the 6th, 10th and 14th weeks of grazing, and to the animals of the second group - on the 6th and 10th weeks of grazing. Alben was used on young cattle of the third group on the 6th, 11th and 16th weeks, and on the animals of the fourth group - on the 6th and 11th weeks of grazing. Aversect-2 was administered to cattle of the fifth group at the 6th, 13th and 20th weeks of grazing, and to the animals of the sixth group - at the 6th and 13th weeks. Animals of the 7th group did not receive the drug and served as control. Fecal samples were taken from animals of all groups on a monthly basis and investigated by a quantitative method in order to detect eggs of gastrointestinal strongylatosis. The results obtained were statistically processed using the computer program Microsoft Excel.

Results and discussion. Tests of drugs for gastrointestinal strongylatosis of young cattle showed different persistence of anthelmintic action. After deworming the animals, single eggs of strongylatosis in their faeces were again detected 4 weeks after the administration of Levamisole, 5 weeks after the administration of Alben, and 7 weeks after the administration of Aversect-2. The most rational scheme for deworming young cattle with gastrointestinal strongylatosis is the use of Aversect-2 on the 6th and 19th weeks of grazing.

Keywords: anthelmintics, optimal regimen, cattle, Alben, Aversect-2, Levamisole, efficiency

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: Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Kachanova E. O. Optimal schemes for the use of anthelmintics at gastrointestinal strongylosis of young cattle. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):134–141. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-134-141>

© Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Kachanova E. O., 2023

Введение

Стронгилятозы пищеварительного тракта крупного рогатого скота и, особенно, молодняка широко распространены в стране и причиняют значительный ущерб из-за снижения продуктивности животных [1, 6, 7, 9, 10, 12].

До сих пор основным методом борьбы с нематодозами крупного рогатого скота остается дегельминтизация с использованием антигельминтиков из разных классов соединений [4]. Наиболее широко применяемыми являются препараты из класса бензимидазолов. Лекарственные формы на основе фенбендазола и альбендазола эффективны против взрослых стронгилят пищеварительного тракта. Однако, сведения относительно их действия на личинки нематод весьма скудные [4, 14].

Препараты на основе авермектинов, в частности, ивертин, ивомек, баймек, аверсект-2, дектомакс и ивермек эффективны против имагинальных и личиночных стадий нематод. Препараты на основе имидазолов – тетраимизол, дегельман и левамизол в терапевтических дозах показали 94,0–96,8%-ную эффективность против взрослых желудочно-кишечных нематод и недостаточный эффект (30,2–44,2 %) против личинок стронгилят [10].

Эффективность проводимых оздоровительных мероприятий зависит от многих факторов, в том числе, от сроков применения антигельминтиков. В связи с этим, целью нашей работы было изучение оптимальных сроков и схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота в условиях Нечерноземной зоны РФ. Для выполнения указанной цели необходимо было установить персистентность действия препаратов, т. е. сроки начала повторного выделения яиц нематод с фекалиями животных после применения некоторых антигельминтиков.

Материалы и методы

Сроки начала повторного выделения яиц нематод с фекалиями крупного рогатого скота после применения некоторых антигельминтиков определяли на 50 телятах черно-пестрой породы массой тела 117–130 кг, спонтанно инвазированных стронгилятами пищеварительного тракта. По результатам копроовоскопических исследований в опыт подобрали 50 телят, которых разделили на 5 групп по 10 голов в каждой по принципу аналогов. Телятам первой группы задавали однократно перорально альбен в дозе 7,5 мг/кг по ДВ, второй – фебтал в дозе 7,5 мг/кг, третьей – аверсект-2 подкожно в дозе 0,2 мг/кг, четвертой – левамизол в дозе 7,5 мг/кг внутримышечно. Животные пятой группы препарат не получали и служили контролем. Животные всех групп выпасались совместно в одинаковых условиях. У телят всех групп до дегельминтизации и еженедельно в течение 2 месяцев брали пробы фекалий и исследовали методом флотации с целью выявления начала повторного выделения яиц нематод после применения указанных антигельминтиков. Эффективность препаратов оценивали по типу «контрольный тест».

Оптимальные схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота изучали на 109 телятах первого года выпаса в пастбищный период 2010 г. После нумерации животных взвешивали и разделяли на подопытные и контрольную группы. Каждую группу разделили на 2 подгруппы по 15–17 голов. Животные всех групп с 3 мая по 10 октября 2008 г. выпасались вместе в одном гурте на пастбище, где ранее выпасался крупный рогатый скот, инвазированный стронгилятами.

Для испытаний были выбраны наиболее приемлемые для ветеринарной практики пре-

параты из разных групп, в том числе левамизол из группы имидазолов, альбен из группы бензимидазолов и аверсект-2 из группы макроциклических лактонов. Препараты применяли в терапевтических дозах: левамизол в дозе 7,5 мг/кг по ДВ внутримышечно, альбен в дозе 7,5 мг/кг с концентрированным кормом и аверсект-2 в дозе 0,2 мг/кг подкожно однократно разным группам животных по разной схеме.

Левамизол вводили животным первой группы на 6, 10 и 14-й неделе выпаса, а животным 2-й группы – на 6 и 10-й неделе выпаса.

Альбен применяли на молодняке крупного рогатого скота третьей группы на 6, 11 и 16-й неделе, а на животных 4-й группы – на 6 и 11-й неделе выпаса.

Аверсект-2 вводили крупному рогатому скоту 5-й группы на 6, 13 и 20-й неделе выпаса, а животным 6-й группы – на 6 и 13-й неделе. Животные 7-й группы препарат не получали и служили контролем.

У животных всех групп ежемесячно брали пробы фекалий и исследовали количественным методом с целью обнаружения яиц стронгилят пищеварительного тракта. Полученные результаты обработали статистически с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Изучение сроков начала повторного выделения яиц нематод с фекалиями у молодняка крупного рогатого скота после применения некоторых антигельминтиков.

Полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2 и свидетельствуют о значительной разнице в сроках начала выделения яиц стронгилят пищеварительного тракта с фекалиями молодняка крупного рогатого скота. Через 14 и 21-е сутки после дегельминтизации в фекалиях животных яиц нематод не обнаруживали. Через 28 сут единичные экземпляры яиц стронгилят находили в фекалиях молодняка после дегельминтизации левамизолом. В последующие сроки исследований отмечали постепенное повышение числа яиц стронгилят в фекалиях леченых животных.

После дегельминтизации альбеном и фебталом впервые яйца стронгилят в незначительном количестве начали обнаруживать

через 5 недель у отдельных животных. В последующие сроки исследований инвазированность леченых животных повторно стала повышаться.

Получена 100%-ная эффективность аверсекта-2 на 14, 21, 28 и 35-е сутки после введения препарата. Спустя 6 недель после дегельминтизации в фекалиях животных начали обнаруживать единичные экземпляры яиц стронгилят пищеварительного тракта.

Таким образом, персистентность действия аверсекта-2 с учетом продолжительности антигельминтного действия и препатентного периода развития желудочно-кишечных стронгилят составила в наших опытах 42 дня.

Инвазированность животных подопытных и контрольной группы до опыта отличалась незначительно ($P > 0,05$) и число яиц стронгилят в 1 г фекалий составило в контрольной группе $80,6 \pm 7,2$ экз. и в подопытных группах от $79,9 \pm 6,7$ до $82,3 \pm 7,2$ экз. Животные хорошо переносили все испытанные препараты.

Полученные результаты свидетельствуют о значительной разнице в персистентности их антигельминтного действия. Наиболее продолжительной оказалась персистентность действия аверсекта-2, что позволяет при его применении снизить число и увеличить интервал между дегельминтизациями при проведении программы борьбы с нематодами крупного рогатого скота.

При сравнительном испытании этих препаратов получили высокую эффективность. После дегельминтизации молодняка крупного рогатого скота указанными препаратами яйца стронгилят в их фекалиях повторно начали обнаруживать через 4 недели после введения альбена и фебтала и на 7-й неделе после введения аверсекта-2. В связи с этим левамизол рекомендуем применять в пастбищный период для профилактики стронгилятозов и предотвращения контаминации пастбищ с интервалом 4 недели, альбен и фебтал – с интервалом 5 недель и аверсект – с интервалом 7 недель.

Изучение оптимальных схем применения антигельминтиков при стронгилятозах молодняка крупного рогатого скота в условиях Центральной зоны Европейской части РФ свидетельствует о значительной разнице их в профилактике стронгилятозов. Трехкратное применение левамизола полностью предот-

Таблица 1 [Table 1]

Сроки начала повторного выделения яиц желудочно-кишечных стронгилят с фекалиями телят после введения препаратов
[The timing of the start of reisolation of eggs of gastrointestinal strongylates with the faeces of calves after the drugs administration]

Препарат [Drug]	Доза, мг/кг [Dose, mg/kg]	Число животных [Animals number]	Число яиц стронгилят в 1 г фекалий, экз. [Number of strongylate eggs per 1 g of faeces, sp.]						
			до опыта [before experience]	14	21	28	35	42	54
Альбен [Alben]	7,5	10	1,81,4±7,1	0	0	0	8,9±2,0	19,4±3,3	27,8±3,7
Фебтал [Febtal]	7,5	10	79,9±6,7	0	0	0	8,7±1,7	17,3±3,4	25,2±3,5
Аверсект-2 [Aversect-2]	0,2	10	82,3±7,2	0	0	0	0	3,3±0,8	12,4±2,8
Левамизол [Levamisole]	7,5	10	80,2±7,1	0	0	0	14,6±3,1	24,5±4,8	29,6±5,7
Контроль [Control]	-	10	80,6±7,2	84,7±7,5	87,3±7,8	91,4±8,0	97,6±8,4	116,3±8,7	115,2±8,3

Таблица 2 [Table 2]

Персистенция антигельминтного действия препаратов при стронгилятозах телят с учетом срока препатентного развития нематод
[Persistence of anthelmintic action of drugs in case of strongylatosis of calves, taking into account the period of prepatent development of nematodes]

Препарат [Drug]	Доза, мг/кг [Dose, mg/kg]	Число животных [Animals number]	Снижение числа яиц стронгилят в фекалиях в дни после дегельминтизации, % [Reduction in the number of strongylate eggs in faeces on days after deworming, %]					
			14	21	28	35	42	54
Альбен [Alben]	7,5	10	100	100	100	90,9	83,3	75,9
Фебтал [Febtal]	7,5	10	100	100	100	91,1	85,1	78,2
Аверсект-2 [Aversect-2]	0,2	10	100	100	100	100	97,2	89,2
Левамизол [Levamisole]	7,5	10	100	100	92,60	85,1	79,0	74,3
Контроль [Control]	-	10	-	-	-	-	-	-

Таблица 3 [Table 3]

Результаты испытания разных схем дегельминтизации молодняка крупного рогатого скота при стронгилятозах пищеварительного тракта в условиях
Нечерноземной зоны РФ в пастбищный период
[The results of testing different schemes for dehelminthization of young cattle at gastrointestinal strongylatosis in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation during the pasture period]

Среднее число яиц стронгилят в 1 г фекалий, экз.
[Average number of strongylate eggs per 1 g of faeces, sp.]

Препарат [Drug]	Доза, мг/кг [Dose, mg/kg]	Число животных [Animals number]	Кратность [Multiplicity]	Сроки применения (неделя выгона) [Terms of application (week of grazing)]	Среднее число яиц стронгилят в 1 г фекалий, экз. [Average number of strongylate eggs per 1 g of faeces, sp.]					
					37.05.	30.06.	19.07.	12.08.	06.09.	12.10.
Левамизол [Levamisole]	16	7,5	3	6,10,14	0	0	0	0	0	0
Левамизол [Levamisole]	15	7,5	2	6,10	0	0	0	0	0	0

Окончание таблицы 3 [End of table 3]

Препарат [Drug]	Доза, мг/кг [Dose, mg/kg]	Число животных [Animals number]	Кратность [Multiplicity]	Сроки применения (не- деля выпаса) [Terms of application (week of grazing)]	Среднее число яиц стронгилят в 1 г фекалий, экз. [Average number of strongylate eggs per 1 g of faeces, sp.]					
					37.05.	30.06.	19.07.	12.08.	06.09.	12.10.
Альбен [Alben]	15	7,5	3	6,11,16	0	0	0	0	0	0
Альбен [Alben]	17	7,5	2	6,11	0	0	0	0	0	0
Аверсект-2 [Aversect-2]	15	0,2	3	6,13,20	0	0	0	0	0	0
Аверсект-2 [Aversect-2]	15	0,2	2	6,13	0	0	0	0	0	0
Контроль [Control]	16	-	-	-	8,7±1,5	40,2±3,7	57,4±5,2	68,4±5,8	83,7±6,3	75,3±6,6

вращало заражение животных стронгилятами пищеварительного тракта в течение всего пастбищного периода. После двукратной схемы дегельминтизации телят на 6 и 10-й неделе выпаса яйца стронгилят обнаруживали в фекалиях в октябре. Двукратное применение левамизола предотвращало клиническое проявление стронгилятозов и значительно снижало инвазированность животных (табл. 3)

Аналогичные результаты были получены при применении альбена с незначительной разницей, обусловленной большей персистенцией этого препарата. Лучшие результаты получены при испытании аверсекта-2, применение которого по 3 и 2-кратной схемам полностью предотвращало заражение животных стронгилятами в течение всего пастбищного периода.

Первый срок применения антигельминтиков обусловлен тем, что впервые яйца некоторых видов стронгилят обнаруживали у телят после 6-недельного периода выпаса. Интервал между дегельминтизациями обусловлен персистенцией действия отдельных антигельминтиков с учетом срока препатентного развития нематод.

Эффективность оздоровительных мероприятий при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота первого года выпаса зависит не только от активности антигельминтиков, но и от сроков их применения. Наилучшие результаты получены при применении аверсекта-2 на 6 и 13-й неделе выпаса, позволяющее предотвратить заражение животных и клиническое проявление стронгилятозов. Кроме того, испытанные нами схемы применения антигельминтиков оказались эффективными при диктиокаулезе молодняка крупного рогатого скота.

В литературе имеется большое число работ по терапии гельминтозов крупного рогатого скота, в том числе левамизолом [17, 18], альбендазолом [7, 11, 13, 20], ивермектином [2, 8, 16, 19], фенбендазолом [1-3]. Указанные препараты обладают высокой эффективностью. Однако, работ по срокам и схемам применения антигельминтиков при стронгилятозах молодняка крупного рогатого скота крайне ограничено. Так, в условиях Аргентины бычков дегельминтизировали ивермектином и затем 3 раза с интервалом 28 сут фенбендазолом. Эта схема позволила значительно снизить инвазированность бычков и получить дополнительно прирост массы тела 50 кг/гол. [15]. Ежемесячное применение телятам в период выпаса ивермектина способствует значительному повышению прироста массы тела [16]. Полученные нами результаты в условиях средней полосы РФ свидетельствуют о существенном снижении зараженности животных при двукратном применении с интервалом 6 недель ивермектина в пастбищный период, а также фенбендазола и альбендазола.

Список источников

1. Абдуллаев Х. С. Формирование паразитарной системы в организме крупного рогатого скота и меры борьбы с паразитами в НЗ РФ: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Иваново, 2007. 50 с.

2. *Архипов И. А.* Эффективность ивомека при нематодозах крупного рогатого скота // Труды Всероссийского института гельминтологии. М., 1992. Т. 31. С. 3-9.
3. *Архипов И. А.* Эффективность валбазена против фасциолеза, диктиокаулеза, мониезиоза и стронгилятозов желудочно-кишечного тракта овец // Бюллетень Всесоюзного института гельминтологии. 1996. Вып. 56. С.8-11.
4. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применение. М., 2009. 415 с.
5. *Демкина О. В.* Стронгилоидоз крупного рогатого скота и меры борьбы с ним в Амурской области: автореф. дис. ... канд. вет. наук. М., 2007. 26 с.
6. *Дурдусов С. Д.* Эколого-эпизоотологическая характеристика гельминтозов и кокцидиозов крупного рогатого скота в условиях аридной зоны юга России: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. М., 1999. 47 с.
7. *Кармалиев Р. С.* Гельминтозы крупного рогатого скота Западного Казахстана и меры борьбы с ними (эпизоотология, терапия, резистентность к антигельминтикам): автореф. дис. ... д-ра вет. наук. М., 2011. 49 с.
8. *Прохорова И. А.* Новые отечественные препараты для терапии и профилактики паразитарных болезней животных (противопаразитарные и фармако-токсикологические свойства): автореф. дис. ... д-ра вет. наук. М., 2010. 44 с.
9. *Радионов А. В., Архипов И. А.* Распространение основных гельминтозов животных в России и перспективы борьбы с ними // Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Самарской НИВС. 2009. С. 22-25.
10. *Радионов А. В.* Нематодозы крупного рогатого скота при разной технологии содержания в средней полосе России и изыскание отечественных препаратов для их терапии: автореф. дис. д-ра вет. наук. М., 2014. 45 с.
11. *Резяпкин И. Н.* Эффективность препарата альбен форте – суспензия при гельминтозах крупного рогатого скота // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы научной конференции. 2012. Вып. 13. С. 335-338.
12. *Садов К. М.* Ассоциативные паразитарные болезни крупного рогатого скота и разработка рациональной системы борьбы с ними в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. Иваново, 2008. 44 с.
13. *Anwar A. H., Hayat C. S., Amir M. L.* Prevalence of gastrointestinal helminthiasis and comparative efficacy of anthelmintics in parasitized buffalo calves. Pakistan Vet. J. 1996; 16 (4): 160-163.
14. *Campbell W. C., Rew R. S.* Chemotherapy of parasitic diseased. New York and London: Springer, 1986; 655.
15. *Descarga C. O.* Epidermiological and productive effects of an anthelmintic strategy covering three cycles on a grazing system for fattening cattle. Revista de Med. Vet. (Buenos Aires). 2001; 82 (3): 139-150.
16. *Fader O. W., Descarga C. O.* Gastrointestinal parasitism of Argentine Friesian calves in the central region of Cordoba. Vet. Argentina. 2001; 18 (175): 341-353.
17. *Fajdiga M., Vizjak M.* Treatment of naturally infected cattle with the anthelmintic L-Ripercol. Veterinarske Novice. 1997; 23 (2): 41-44.
18. *Kerboeuf D., Eysker M., Hubert J., Ascher F.* Efficacy of levamisole “pour-on” against gastrointestinal and respiratory strongyle infections in cattle. Rev. Med. Vet. 1997; 148 (2): 131-136.
19. *Loyacano A. F., Skogerboe T. L., Williams J. C. et al.* Effects of parenteral administration of doramectin or a combination of ivermectin and clorsulon on control of gastrointestinal nematode and liver fluke infections and on growth performance in cattle. J. Amer. Vet. Med. Ass. 2001; 218 (9): 1465-1468.
20. *Riffkin G. G., Callinan A. P.* A comparison of nematode control programs for cattle in south western Victoria. Austral. Vet. J. 1987; 64 (6): 168-172.

Статья поступила в редакцию 10.08.2022; принята к публикации 10.02.2023

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, arhipovhelm@mail.ru

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

Качанова Екатерина Олеговна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9222-0531, kachanova@vniigis.ru

Вклад соавторов:

Архипов Иван Алексеевич – научное руководство, проведение исследований, критический анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Варламова Анастасия Ивановна – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Качанова Екатерина Олеговна – анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Abdullaev X. C. Formation of the parasitic system in the body of cattle and measures to combat parasitosis in the NZ RF: autoref. dis. ... Cand. Vet. Sci. Ivanovo, 2007; 50. (In Russ.)
2. Arkhipov I. A. Efficiency of Ivomek in nematode infections in large cattle. *Trudy Vserossiyskogo instituta gel'mintologii = Proceedings of the All-Russian Institute of Helminthology*. M., 1992; 31: 3-9. (In Russ.)
3. Arkhipov I. A. Efficacy of valbazen against fasciolosis, dictyocaulosis, moniesiosis and strongylatoses of the gastrointestinal tract of sheep. *Byulleten' Vsesoyuznogo instituta gel'mintologii = Bulletin of the All-Union Institute of Helminthology*. 1996; 56: 8-11. (In Russ.)
4. Arkhipov I. A. Anthelmintics: pharmacology and application. M., 2009; 415. (In Russ.)
5. Demkina O. V. Strongyloidosis in cattle and measures to combat it in the Amur Region: autoref. dis. ... Cand. Vet. Sci. M., 2007; 26. (In Russ.)
6. Durdusov S. D. Ecological and epizootological characteristics of helminthiasis and coccidiosis in cattle in the arid zone of southern Russia: autoref. dis. ... Dr. Vet. Sci. M., 1999; 47. (In Russ.)
7. Karmaliev R. S. Helminthoses of cattle in Western Kazakhstan and measures to combat them (epizootology, therapy, resistance to anthelmintics): autoref. dis. ... Dr. Vet. Sci. M., 2011; 49. (In Russ.)
8. Prokhorova I. A. New domestic drugs for the treatment and prevention of parasitic animal diseases (antiparasitic and pharmacotoxicological properties): autoref. dis. ... Dr. Vet. Sci. M., 2010; 44. (In Russ.)
9. Radionov A. V., Arkhipov I. A. Distribution of the main animal helminthiasis in Russia and prospects for their control. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu Samarskoy NIVS = Proceedings of the International Conference dedicated to the 80th anniversary of the Samara NIVS*. 2009; 22-25. (In Russ.)
10. Radionov A. V. Nematodosis of cattle with different technologies of keeping in central Russia and the search for domestic drugs for their therapy: autoref. dis. ... Dr. Vet. Sci. M., 2014; 45. (In Russ.)
11. Rezyapkin I. N. The effectiveness of the drug Alben forte – suspension in helminthiasis in cattle. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy nauchnoy konferentsii = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of a scientific conference*. 2012; 13: 335-338. (In Russ.)
12. Gardens K. M. Associative parasitic diseases of cattle and the development of a rational system for their control in the conditions of the Middle Volga region: autoref. dis. ... Dr. Vet. Sci. Ivanovo, 2008; 44. (In Russ.)
13. Anwar A. H., Hayat C. S., Amir M. J. Prevalence of gastrointestinal helminthiasis and comparative efficacy of anthelmintics in parasitized buffalo calves. *Pakistan Vet. J.* 1996; 16 (4): 160-163.
14. Campbell W. C., Rew. R. S. Chemotherapy of parasitic diseases. New York and London: Springer, 1986; 655.
15. Descarga C. O. Epidermiological and productive effects of an anthelmintic strategy covering three cycles on a grazing system for fattening cattle. *Revista de Med. Vet. (Buenos Aires)*. 2001; 82 (3): 139-150.
16. Fader O. W., Descarga C. O. Gastrointestinal parasitism of Argentine Friesian calves in the central region of Cordoba. *Vet. Argentina*. 2001; 18 (175): 341-353.
17. Fajdiga M., Vizjak M. Treatment of naturally infected cattle with the anthelmintic L-Ripercol. *Veterinarske Novice*. 1997; 23 (2): 41-44.
18. Kerboeuf D., Eysker M., Hubert J., Ascher F. Efficacy of levamisole "pour-on" against gastrointestinal and respiratory strongyle infections in cattle. *Rev. Med. Vet.* 1997; 148 (2): 131-136.
19. Loyacano A. F., Skogerboe T. L., Williams J. C. et al. Effects of parenteral administration of doramectin or a combination of ivermectin and clorsulon on control of gastrointestinal nematode and liver fluke infections and on growth performance in cattle. *J. Amer. Vet. Med. Ass.* 2001; 218 (9): 1465-1468.
20. Riffkin G. G., Callinan A. P. A comparison of nematode control programs for cattle in south western Victoria. *Austral. Vet. J.* 1987; 64 (6): 168-172.

The article was submitted 10.08.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Arkhipov Ivan A., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Russia, Dr. Vet. Sc., Professor, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, arkipovhelm@mail.ru

Varlamova Anastasiya I., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Russia, PhD in vet sc., ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, arsphoeb@mail.ru

Kachanova Ekaterina O., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-9222-0531, kachanova@vniigis.ru

Contribution of co-authors:

Arkhipov Ivan A. – scientific guidance, research, critical analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

Varlamova Anastasiya I. – research, analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

Kachanova Ekaterina O. – analysis and interpretation of the obtained data, preparation of the article.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.1-085

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-142-150>

Эффективность комплексных твердых дисперсий антигельминтиков при экспериментальном трихинеллезе

Анастасия Ивановна Варламова¹, Салават Самадович Халиков²,
Елизавета Сергеевна Метелева³, Вероника Ивановна Евсеенко⁴,
Марат Салаватович Халиков⁵, Иван Алексеевич Архипов⁶

^{1,5,6}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», Москва, Россия

^{2,5}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений имени А. Н. Несмеянова Российской академии наук, Москва, Россия

^{3,4}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

¹arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

²salavathalikov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

³mete@ngs.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6255-5381>

⁴evseenkov@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0686-3099>

⁵marat.halikov.88@bk.ru <https://orcid.org/0000-0002-3014-7383>

⁶arkhipovhelm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

Аннотация

Цель исследований – изучить влияние различных факторов технологии получения комплексных твердых дисперсий антигельминтиков с поливинилпирролидоном и экстрактом солодки на эффективность при экспериментальном трихинеллезе белых мышей.

Материалы и методы. Изучение нематодоцидной активности образцов комплексных твердых дисперсий на основе фенбендазола (ФБЗ), фенасала (ФНС) и празиквантела (ПЗК) с поливинилпирролидоном (ПВП) и экстрактом солодки (ЭС), полученных по механохимической технологии при разном соотношении компонентов и различной продолжительности механообработки проводили на 130 белых мышах, экспериментально зараженных *Trichinella spiralis* в двух опытах. На третьи сутки после заражения животных разделили на группы по 10 голов в каждой. Мышам опытных групп вводили в желудок образцы различных комплексных твердых дисперсий антигельминтиков в дозе 2 мг/кг по ДВ. В качестве базового препарата использовали субстанцию ФБЗ в дозе 2 мг/кг по ДВ. Животные контрольных групп препараты не получали. На четвертые сутки после введения опытных образцов животных убивали декапитацией и активность препаратов учитывали по результатам гельминтологического вскрытия кишечника; эффективность рассчитывали по типу «контрольный тест».

Результаты и обсуждение. Эффективность комплексных твердых дисперсий ФБЗ и ФНС с полимером ПВП была выше по сравнению с активностью комплексов с ЭС при одинаковой продолжительности механохимической обработки в валковой мельнице. С уменьшением продолжительности механохимической обработки с 24 ч до 5 ч активность ФБЗ снижалась с 67,05 до 37,77%, а при обработке в течение 1 ч эффективность комплекса ФБЗ : ФНС с ЭС оказалась практически на уровне базового препарата. Использование механохимической технологии получения твердой дисперсии ФБЗ : ФНС с ПВП позволяет повысить антигельминтную эффективность в 2,7 раза по сравнению с активностью субстанции ФБЗ, а с ЭС – в 2,2 раза. Отмечено, что комплексные твердые дисперсии ФБЗ с ПЗК обладают меньшей биологической активностью в сравнении с композициями ФБЗ с ФНС.



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

Ключевые слова: фенбендазол, фенасал, празиквантел, поливинилпирролидон, экстракт солодки, механохимическая обработка, твердая дисперсия, эффективность, белые мыши, *Trichinella spiralis*

Благодарности. Авторы выражают благодарность зав. лаборатории механохимии лекарственных веществ ИХТММ СО РАН, д.х.н. А. В. Душкину за консультативную помощь при планировании опытов по механохимической обработке, интерпретации полученных данных и критический анализ рукописи. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-26-20055).

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Варламова А. И., Халиков С. С., Метелева Е. С., Евсеенко В. И., Халиков М. С., Архипов И. А. Эффективность комплексных твердых дисперсий антигельминтиков при экспериментальном трихинеллезе // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 142–150.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-142-150>

© Варламова А. И., Халиков С. С., Метелева Е. С., Евсеенко В. И., Халиков М. С., Архипов И. А., 2023

Original article

The efficacy of complex solid dispersions of anthelmintics against experimental trichinellosis

Anastasiya I. Varlamova¹, Salavat S. Khalikov², Elizaveta S. Meteleva³,
Veronika I. Evseenko⁴, Marat S. Khalikov⁵, Ivan A. Arkhipov⁶

^{1,5,6}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

^{2,5}A. N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^{3,4}Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

¹arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

²salavathalikov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

³mete@ngs.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6255-5381>,

⁴evseenkov@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0686-3099>

⁵halikov@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3014-7383>

⁶arkhipovhelm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5165-0706>

Abstract

The purpose of the research is to study the influence of various technological factors on obtaining of complex solid dispersions of anthelmintics with polyvinylpyrrolidone and licorice extract on anthelmintic efficacy in experimental trichinellosis of white mice.

Materials and methods. The study of the nematocidal activity of complex solid dispersions samples based on fenbendazole (FBZ), fenasal (FNS) and praziquantel (PZQ) with polyvinylpyrrolidone (PVP) and licorice extract (LE) obtained by mechanochemical technology at different ratios of components and different exposure times was carried out on 130 white mice experimentally infected with *Trichinella spiralis* in two experiments. On the 3rd day after infection, the animals were divided into experimental groups of 10 animals each. Samples of various complex solid dispersions of anthelmintics were administered intragastrically to the mice of the experimental groups at a dose of 2 mg/kg according to the active substance. FBZ substance was used as the basic drug at a dose of 2 mg/kg according to the active substance. Animals of the control groups did not receive the drugs. The animals were killed by decapitation on the 4th day after experimental drug samples administration, and the activity of the drugs was counted according to the results of helminthological necropsy of the intestine, the efficacy was calculated by the type of control test.

Results and discussion. The efficacy of complex solid dispersions of FBZ and FNS with PVP polymer was higher in comparison with the activity of complexes with LE at the same duration of mechanochemical treatment in a roller mill. The FBZ activity decreased from 67.05 to 37.77% with a decrease in the duration of mechanochemical treatment from 24 h to 5 h and the efficacy of the FBZ : FNS complex with LE turned out to be almost at the level of the basic drug when treated for 1 h. The use of mechanochemical technology for obtaining of a solid dispersion of FBZ : FNS with PVP for targeted delivery makes it possible to increase the anthelmintic efficacy by 2.7 times compared with the activity of the FBZ substance, and with LE by 2.2 times. It was noted that complex solid dispersions of PBZ with PZQ have lower biological activity in comparison with compositions of FBZ with FNS.

Keywords: fenbendazole, fenasal, praziquantel, polyvinylpyrrolidone, licorice extract, mechanochemical processing, solid dispersion, efficacy, white mice, *Trichinella spiralis*

Acknowledgements. The authors express their gratitude to Head of Laboratory of mechanochemistry of medicinal substances Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Doctor of Chemical Sciences A. V. Dushkin for advisory assistance in planning experiments on mechanochemical treatment, interpretation of the obtained data and critical analysis of the manuscript. This work was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 22-26-20055).

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

There is no conflict of interests.

For citation: Varlamova A. I., Khalikov S. S., Meteleva E. S., Evseenko V. I., Khalikov M. S., Arkhipov I. A. The efficacy of complex solid dispersions of anthelmintics against experimental trichinellosis. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):142–150. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-142-150>

© Varlamova A. I., Khalikov S. S., Meteleva E. S., Evseenko V. I., Khalikov M. S., Arkhipov I. A., 2023

Введение

Паразитарные болезни животных, в том числе нематодозы, широко распространены и причиняют огромный экономический ущерб сельскому хозяйству вследствие падежа и значительного снижения продуктивности [9].

Для борьбы с гельминтозами жвачных животных наиболее часто применяют фенбендазол и его различные лекарственные формы, в связи с тем, что препарат в дозе 5 мг/кг по ДВ для овец и 7,5–10 мг/кг для крупного рогатого скота обладает высокой эффективностью против большинства видов нематод и безопасен для организма животных [1, 2, 13, 14]. Однако, фенбендазол имеет недостаток – плохую растворимость в воде и, как следствие, низкую абсорбцию в кишечнике и плохую биодоступность. Часть введенного препарата, не всасываясь в кишечнике, транзитом выделяется из организма с фекалиями [1]. В связи с этим, фенбендазол, как и другие препараты из класса бензимидазолкарбаматов, нуждается в доработке с целью повышения растворимости и биодоступности.

Ранее, нами испытан супрамолекулярный комплекс фенбендазола с полимерами, полученный по механохимической технологии в

валковой мельнице, и повышена растворимость и эффективность препарата в сравнении с его субстанцией [4–6]. Путем изучения физико-химических свойств полученных дисперсий установлено уменьшение размера частиц исходных субстанций антигельминтиков, снижение их кристалличности, аморфизация субстанции, значительное повышение растворимости. Результаты ИК-спектральных исследований и их сравнение с литературными данными свидетельствуют об образовании межмолекулярных комплексов за счет формирования водородной связи между характеристичными группами субстанции антигельминтика и полимеров. После растворения в воде они формируют супрамолекулярные образования, включая комплексы, мицеллы, которые содержат молекулы в системе «гость – хозяин» [7, 8, 10].

Аналогичным образом были получены твердые дисперсии фенасала с ПВП; образование супрамолекулярных комплексов было также подтверждено данными физико-химических исследований. Установлена высокая эффективность опытного образца при гименолепидозе мышей и при мониезиозе овец [11].

Твердая дисперсия празиквантела с динатриевой солью глицирризиновой кислоты по-

казала высокую эффективность на лабораторной модели *Hutenolepis nana* и на овцах при спонтанном заражении *Moniezia expansa* при дозах в 3–4 раза меньше, чем у базового препарата [12].

В связи с тем, что гельминтозы часто протекают в смешанной форме, то целью нашей работы была оценка эффективности образцов комплексных твердых дисперсий на основе фенбендазола (ФБЗ), фенасала (ФНС) и празиквантела (ПЗК) с поливинилпирролидоном (ПВП) и экстрактом солодки (ЭС), полученных по механохимической технологии при различном соотношении компонентов и разной продолжительности механообработки.

Материалы и методы

Объектами исследований служили образцы комплексных твердых дисперсий на основе лекарственных веществ: ФБЗ, ФНС и ПЗК и вспомогательных компонентов: ПВП и ЭС.

В ИХТТМ СО РАН приготовлены композиции четырех составов, оптимизированных по показателю растворимости:

ФБЗ : ФНС : ПВП в соотношении 3 : 30 : 297 (24 ч м/о);

ФБЗ : ФНС : ЭС в соотношении 3 : 30 : 297 (24 ч м/о);

ФБЗ : ПЗК : ПВП в соотношении 3 : 1 : 36 (12 ч м/о);

ФБЗ : ПЗК : ЭС в соотношении 3 : 1 : 36 (4 ч м/о).

Механообработку проводили в валковой мельнице ВМ-1 (Россия) (ускорение 1 g). В металлический барабан с фторопластовой футеровкой (емкость 300 мл, загрузка мелющих тел – стальных шаров диаметром 23 мм, 675 г) помещали образец, общая масса которого ~ 20 г; обработку проводили в течение 4–24 ч.

На базе ИНЭОС РАН были наработаны образцы следующих составов:

ФБЗ : ФНС : ПВП в соотношении 2 : 30 : 288 (5 ч м/о);

ФБЗ : ФНС : ЭС в соотношении 2 : 30 : 288 (1 ч м/о).

Также, получали монокомпозиции, смешивание которых проводили непосредственно перед применением в ступке и, которые использовали в качестве препаратов сравнения:

ФБЗ : ПВП в соотношении 1 : 9 (5 ч м/о);

ПЗК : ПВП в соотношении 1 : 9 (5 ч м/о);

ФНС : ПВП в соотношении 1 : 9 (5 ч м/о).

Получение выше отмеченных композиций проводили в металлическом барабане валковой мельницы LE-101 (Венгрия) объемом 800 мл с загрузкой стальных шаров диаметром 25 мм при модуле 1 : 16 и скорости вращения барабана 60–70 об/мин в течение 1–5 ч и энергонапряженности 1g.

Изучение нематоцидной активности образцов комплексных твердых дисперсий антигельминтиков проводили на лабораторной модели трихинеллеза на 80 белых мышах в возрасте 1,0–1,5 мес. массой тела 16–18 г, экспериментально инвазированных личинками *T. spiralis* в дозе 250±10 личинок на животное. Животных заражали путем введения суспензии с личинками в желудок с помощью шприца с канюлей. На третьи сутки после заражения мышей разделили на 7 опытных и одну контрольную группы по 10 голов в каждой. На третьи сутки после заражения животным первой опытной группы вводили в желудок комплексную твердую дисперсию, состоящую из ФБЗ, ФНС и ПВП в соотношении 3 : 30 : 297. Мышам второй группы задавали твердую дисперсию, состоящую из ФБЗ, ФНС и ЭС в соотношении 3 : 30 : 297. Животным третьей группы вводили в желудок в форме суспензии твердую дисперсию состава ФБЗ : ПЗК : ПВП. Мыши четвертой группы получали комплекс ФБЗ : ПЗК : ЭС. Животным пятой группы назначали комплекс ФБЗ : ФНС : ПВП. Мыши шестой опытной группы получали в желудок суспензию твердой дисперсии, состоящей из ФБЗ : ФНС : ЭС. Мышам седьмой группы вводили в желудок базовый препарат – субстанцию ФБЗ. Животные восьмой группы препарат не получали и служили контролем. Во втором опыте на 50 белых мышах, экспериментально инвазированных *T. spiralis*, испытывали комплексные дисперсии, состоящие из ФБЗ : ПЗК : ПВП в соотношении 2 : 1 : 27 при содержании 3,3% ПЗК и 6,6% ФБЗ; комплексную твердую дисперсию состава ФБЗ : ФНС : ПВП в соотношении 2 : 30 : 288, содержащую 9,37% ФНС и 0,63% ФБЗ, а также однокомпонентные дисперсии составов ФБЗ : ПВП и ФНС : ПВП в соотношении 1 : 9 с 10%-ным содержанием ФБЗ и ФБЗ : ПВП и ПЗК : ПВП в таком же

соотношении. Однокомпонентные дисперсии, полученные по механохимической технологии, перед введением животным смешивали в ступке. Все препараты на основе ФБЗ применяли в дозе 2 мг/кг по ДВ. Животные контрольной группы получали крахмальный гель (1,5%) в соответствующем объеме. На четвертые сутки после введения препаратов животных убивали декапитацией. Нематоцидную активность испытуемых образцов учитывали по результатам гельминтологического вскрытия кишечника [3]. После убоя животных тонкий отдел кишечника вскрывали по всей длине, заливали физиологическим раствором и помещали в аппарат Бермана, в котором выдерживали 2–3 ч в термостате при температуре 38–40 °С. Затем надосадочную жидкость сливали, а осадок с жидкостью объемом 1–2 мл исследовали под бинокулярной лупой для обнаружения и подсчета числа трихинелл. Учет эффективности препаратов проводили по типу «контрольный тест» с расчетом среднего числа обнаруженных нематод и интенсивности. Полученные результаты обработали статистически по методу Стьюдента-Фишера с использованием программы Microsoft Excel 2007.

Результаты и обсуждение

Результаты испытания различных образцов твердых дисперсий ФБЗ в комплексе с ФНС или ПЗК и ПВП или ЭС приведены в таблице 1 и свидетельствуют о повышении эффективности комплексных твердых дисперсий препаратов, полученных по механохимической технологии в течение 12–24 ч, по сравнению с комплексными препаратами, полученными за 1–5 ч механохимической обработки.

Следует отметить, что эффективность комплексных твердых дисперсий ФБЗ и ФНС с полимером ПВП была выше по сравнению с эффективностью комплексов, содержащих в своем составе ЭС при одинаковой продолжительности механохимической обработки в валковой мельнице. С уменьшением продолжительности механохимической обработки с 24 ч до 5 ч активность композиции ФБЗ снижалась соответственно с 67,05 до 37,77%, а при обработке в течение 1 ч эффективность препарата с ЭС оказалась практически на уровне базового препарата – субстанции ФБЗ. Ана-

лиз полученных результатов показал, что использование механохимической технологии получения твердой дисперсии ФБЗ и ФНС с ПВП в течение 24 ч позволяет повысить антигельминтную эффективность в 2,79 раза, а с ЭС – в 2,3 раза по сравнению с активностью базового препарата – субстанцией фенбендазола. Двухкомпонентные композиции на основе ФБЗ и ПЗК с ПВП, полученные в течение 24 ч механообработки, показали меньшую эффективность в сравнении с комплексом на основе ФБЗ и ФНС, равную 59,62%, а при обработке в течение 5 ч на мельнице LE-101 эффективность комплекса оказалась еще меньше и составила 36,63%. В связи с этим, для дальнейшего изучения нами рекомендованы двухкомпонентные композиции на основе ФБЗ и ФНС с полимером ПВП.

Полученные результаты второго опыта свидетельствуют о повышении эффективности однокомпонентных дисперсий препаратов составов ФБЗ : ПВП (1 : 9) и ФНС : ПВП (1 : 9), полученных по механохимической технологии, и смешанных в ступке непосредственно перед применением по сравнению с комплексными дисперсиями (табл. 2).

Недостаточная эффективность испытуемых комплексных твердых дисперсий антигельминтиков при экспериментальном трихинеллезе обусловлена уменьшенной дозой их назначения. Однако, это позволило выявить некоторые факторы, влияющие на антигельминтную активность, в частности экспозиции механохимической обработки и влияние средств, используемых для адресной доставки. Так, полученные нами данные согласуются с результатами предыдущих исследований и указывают на более высокую антигельминтную эффективность комплексной твердой дисперсии ФБЗ с ПВП по сравнению с ЭС, используемой в качестве средства для адресной доставки [6].

Заключение

Полученные результаты показали лучшую эффективность (67,05%) при трихинеллезе при испытании комплексных твердых дисперсий ФБЗ и ФНС с полимером ПВП при 24 ч механохимической обработке. С уменьшением продолжительности обработки активность композиции ФБЗ снижалась. Активность базового препарата – субстанции ФБЗ в дозе 2

Таблица 1 [Table 1]

Эффективность твердых дисперсий комплексных антигельминтиков в дозе 2 мг/кг по фенбендазолу при экспериментальном трихинеллезе белых мышей

[The effectiveness of solid dispersions of complex anthelmintics at a dose of 2 mg/kg in terms of fenbendazole in experimental trichinellosis of white mice]

Группа животных [Animals group]	Состав комплекса [The complex composition]	Содержание ДВ, % [Content of AS, %]	Продолжительность м/х обработки, ч [Duration of mechanochemical processing, h]	Обнаружено трихинелл, экз./гол. [Found Trichinella sp.]	ИЭ, % [IE, %]
<i>Твердые дисперсии, полученные на мельнице VM-1 [Solid dispersions obtained at the VM-1 mill]</i>					
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ФНС : ПВП (3 : 30 : 297)	ФБЗ – 0,9 ФНС – 9,0	24	26,9±2,5	67,05
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ФНС : ЭС (3 : 30 : 297)	ФБЗ – 0,9 ФНС – 9,0	24	36,4±3,0	55,41
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ПЗК : ПВП (3 : 1 : 36)	ФБЗ – 7,5 ПЗК – 2,5	12	32,97±2,9	59,62
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ПЗК : ЭС (3 : 1 : 36)	ФБЗ – 7,5 ПЗК – 2,5	4	38,3±3,2	53,09
<i>Твердые дисперсии, полученные на мельнице LE-101 [Solid dispersions obtained with the LE-101 mill]</i>					
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ФНС : ПВП (2 : 30 : 288)	ФБЗ – 0,6 ФНС – 9,4	5	50,8±4,6	37,77
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ФНС : ЭС (2 : 30 : 288)	ФБЗ – 0,6 ФНС – 9,4	1	62,05±5,3	23,99
Опытная [Experienced]	Фенбендазол субстанция [Fenbendazole substance]	98,0	–	61,95±5,4	24,11
Контрольная [Control]	–	–	–	81,63±6,0	–

Таблица 2 [Table 2]

Эффективность твердых дисперсий комплексных антигельминтиков (после 5-часовой м/х обработки) в дозе 2 мг/кг по фенбендазолу при экспериментальном трихинеллезе белых мышей

[The effectiveness of solid dispersions of complex anthelmintics (after 5-hour mechanochemical processing) at a dose of 2 mg/kg in terms of fenbendazole in experimental trichinellosis of white mice]

Группа животных [Animals group]	Состав комплекса [The complex composition]	Содержание ДВ, % [Content of AS, %]	Обнаружено трихинелл, экз./гол. [Found Trichinella sp.]	ИЭ, % [IE, %]
<i>Комплексные твердые дисперсии [Complex solid dispersions]</i>				
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ПЗК : ПВП (2 : 1 : 27)	ФБЗ – 6,6 ПЗК – 3,3	12,46±1,30	36,63
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ФНС : ПВП (2 : 30 : 288)	ФБЗ – 0,63 ФНС – 9,37	12,00±1,25	38,97
<i>Однокомпонентные твердые дисперсии [One-component solid dispersions]</i>				
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ПВП (1 : 9) + ПЗК : ПВП (1 : 9)	ФБЗ – 10 ПЗК – 10	7,40±0,83	62,36
Опытная [Experienced]	ФБЗ : ПВП (1 : 9) + ФНС : ПВП (1 : 9)	ФБЗ – 10 ФНС – 10	2,93±0,44	85,10
Опытная [Experienced]	Фенбендазол субстанция [Fenbendazole substance]	98,0	8,16±0,82	58,50
Контрольная [Control]	–	–	19,66±1,37	–

мг/кг составила 23,99%. Комплексные твердые дисперсии ФБЗ с ПЗК обладают меньшей био-

логической активностью в сравнении с композициями ФБЗ с ФНС.

Список источников

1. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применение. М.: РАСХН, 2009. 406 с.
2. *Архипов И. А., Халиков С. С., Душкин А. В., Варламова А. И., Мусаев М. Б., Поляков Н. Э., Чистяченко Ю. С., Садов К. М., Халиков М. С.* Супрамолекулярные комплексы антигельминтных бензимидазольных препаратов. Получение и свойства. М.: Новые авторы, 2017. 91 с.
3. *Архипов И. А., Варламова А. И., Одоевская И. М.* Методические рекомендации по испытанию и оценке эффективности препаратов при трихинеллезе и гименолепидозе на лабораторной модели // *Российский паразитологический журнал*. 2019. Т. 13, № 2. С. 58-63. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2019-13-2-58-63>
4. *Варламова А. И., Лимова Ю. В., Садов К. М., Садова А. К., Белова Е. Е., Радионов А. В., Халиков С. С., Чистяченко Ю. С., Душкин А. В., Скира В. Н., Архипов И. А.* Эффективность супрамолекулярного комплекса фенбендазола при нематодозах овец // *Российский паразитологический журнал*. 2016. Т. 35, Вып. 1. С. 76-81. <https://doi.org/10.12737/18364>
5. *Варламова А. И.* Биологическая активность твердой дисперсии фенбендазола, полученной по механохимической технологии с различными компонентами для адресной доставки // *Российский паразитологический журнал*. 2020. Т. 14, № 1. С. 75-80. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-1-75-80>
6. *Варламова А. И., Архипов И. А., Садов К. М., Халиков С. С., Арисов М. В., Борзунов Е. Н.* Эффективность твердой дисперсии фенбендазола при желудочно-кишечных стронгилятозах молодняка крупного рогатого скота // *Российский паразитологический журнал*. 2021. Т. 15, № 1. С. 92-97. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-1-92-97>
7. *Душкин А. В., Метелева Е. С., Чистяченко Ю. С., Халиков С. С.* Механохимическое получение и свойства твердых дисперсий, образующих водорастворимые супрамолекулярные системы // *Фундаментальные исследования*. 2013. Т. 1, № 3. С. 741-749.
8. *Душкин А. В., Суницов Л. П., Халиков С. С.* Механохимическая технология для повышения растворимости лекарственных веществ // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 1 (Ч. 2). С. 448-457.
9. *Сафиуллин Р. Т.* Распространение и экономический ущерб от основных гельминтозов жвачных // *Ветеринария*. 1997. № 6. С. 28-32.
10. *Халиков С. С., Чистяченко Ю. С., Душкин А. В., Метелева Е. С., Поляков Н. Э., Архипов И. А., Варламова А. И., Гламаздин И. И., Данилевская Н. В.* 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. <https://doi.org/10.15372/KhUR20150510>
11. *Arkhipov I. A., Sadov K. M., Limova Y. V., Sadova A. K., Varlamova A. I., Khalikov S. S., Dushkin A. V., Chistyachenko Y. S.* The efficacy of the supramolecular complexes of niclosamide obtained by mechanochemical technology and targeted delivery against cestode infection of animals. *Veterinary Parasitology*. 2017; 246: 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.08.019>
12. *Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Dushkin A. V., Sadov K. M., Meteleva E. S., Arisov M. V., Varlamova A. I.* Anthelmintic efficacy of supramolecular complex of praziquantel by mechanochemical technology. *Iran. J. Parasitol.* 2020; 15 (3): 364-373. <https://doi.org/10.18502/ijpa.v15i3.4201>
13. *Bossche H., Rochette F., Horig C.* Anthelmintic efficacy of fenbendazole. *Vet. Rec.* 1982; 78 (3): 876-877.
14. *Riviere J. E., Papich V. G.* *Veterinary pharmacology and therapeutics*. Hoboken: 9 th ed.: Willey Blackwell, 2009; 317.

Статья поступила в редакцию 30.12.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Варламова Анастасия Ивановна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, arsphoeb@mail.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, salavatkhalikov@mail.ru

Метелева Елизавета Сергеевна, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18), г. Новосибирск, Россия, кандидат химических наук, ORCID ID: 0000-0002-6255-5381, mete@ngs.ru

Евсеев Вероника Ивановна, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18), г. Новосибирск, Россия, кандидат химических наук, ORCID ID: 0000-0002-0686-3099, evseenkov@inbox.ru

Халиков Марат Салаватович, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН (119991, Москва, ул. Вавилова, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0002-1768-5048, halikov@vniigis.ru

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, arkipovhelm@mail.ru

Вклад соавторов:

Варламова Анастасия Ивановна – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Халиков Салават Самадович – научное руководство, наработка образцов и проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Метелева Елизавета Сергеевна – наработка образцов и проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Евсеев Вероника Ивановна – наработка образцов и проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных.

Халиков Марат Салаватович – обзор и критический анализ публикаций по проблеме, проведение исследований.

Архипов Иван Алексеевич – научное руководство, проведение исследований, критический анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Arkhipov I. A. Anthelmintics: pharmacology and application. M.: RAAS, 2009; 406. (In Russ.)
2. Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Dushkin A. V., Varlamova A. I., Musaev M. B., Polyakov N. E., Chistyachenko Yu. S., Sadov K. M., Khalikov MS Supramolecular complexes of anthelmintic benzimidazole preparations. Getting and properties. M.: New authors, 2017; 91. (In Russ.)
3. Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Odoevskaya I. M. Methodological Recommendations for Testing and Assessment of Efficiency of Medications against Trichinellosis and Hymenolepidosis in Laboratory Model. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2019; 13 (2): 58–63. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2019-13-2-58-63>.
4. Varlamova A. I., Limova Yu. V., Sadov K. M., Sadova A. K., Belova E. E., Radionov A. V., Khalikov S. S., Chistyachenko Yu. S., Dushkin A. V., Skira V. N., Arkhipov I. A. Efficiency of the supramolecular complex of fenbendazole against nematodiasis of sheep. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2016; 35 (1): 76–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/18364>
5. Varlamova A. I. Biological activity of fenbendazole solid dispersion obtained by mechanochemical technology with various components for targeted delivery. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (1): 75–80. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-1-75-80>
6. Varlamova A. I., Arkhipov I. A., Sadov K. M., Khalikov S. S., Arisov M. V., Borzunov E. N. Efficacy of solid dispersion of fenbendazole against gastrointestinal strongylatosis of young cattle. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (1): 92–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-1-92-97>
7. Dushkin A. V., Meteleva E. S., Chistyachenko Yu. S., Khalikov S. S. Mechanochemical preparation and properties of solid dispersions forming water-soluble supramolecular systems. *Fundamental Research*. 2013; 1 (3): 741–749. (In Russ.)
8. Dushkin A. V., Suntsov L. P., Khalikov S. S. Mechanochemical technology for increasing the solubility of medicinal substances. *Fundamental Research*. 2013; 1 (2): 448–457. (In Russ.)
9. Safiullin R. T. Distribution and economic damage from the main helminthiasis of ruminants. *Veterinary*. 1997; 6: 28–32. (In Russ.)
10. Khalikov S. S., Chistyachenko Yu. S., Dushkin A. V., Meteleva E. S., Polyakov N. E., Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Glamazdin I. I., Danilevskaya N. V. Creation of anthelmintic preparations of increased effectiveness based on intermolecular complexes of active substances with water-soluble polymers, including polysaccharides. *Chemistry for Sustainable Development*. 2015; 23 (5): 567–577. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/KhUR20150510>

11. Arkhipov I. A., Sadov K. M., Limova Y. V., Sadova A. K., Varlamova A. I., Khalikov S. S., Dushkin A. V., Chistyachenko Y. S. The efficacy of the supramolecular complexes of niclosamide obtained by mechanochemical technology and targeted delivery against cestode infection of animals. *Veterinary Parasitology*. 2017; 246: 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.08.019>
12. Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Dushkin A. V., Sadov K. M., Meteleva E. S., Arisov M. V., Varlamova A. I. Anthelmintic efficacy of supramolecular complex of praziquantel by mechanochemical technology. *Iran. J. Parasitol.* 2020; 15 (3): 364–373. <https://doi.org/10.18502/ijpa.v15i3.4201>
13. Bossche H., Rochette F., Horig C. Anthelmintic efficacy of fenbendazole. *Vet. Rec.* 1982; 78 (3): 876–877.
14. Riviere J. E., Papich V. G. *Veterinary pharmacology and therapeutics*. Hoboken: 9 th ed.: Willey Blackwell, 2009; 317.

The article was submitted 30.12.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Varlamova Anastasiya I., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Russia, PhD in vet sc., ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, arsphoeb@mail.ru

Khalikov Salavat S., INEOS RAS (28, Vavilova St., Moscow, 119991), Russia, Dr. Tech. Sc., ORCID ID: 0000-0002-4736-5934, salavatkhalikov@mail.ru

Meteleva Elizaveta S., ISSCM SB RAS (18, Kutateladze st., Novosibirsk, 630090), Russia, PhD in chem. sc., ORCID ID: 0000-0002-6255-5381, mete@ngs.ru

Evseenko Veronika I., ISSCM SB RAS (18, Kutateladze st., Novosibirsk, 630090), Russia, PhD in chem. sc., ORCID ID: 0000-0002-0686-3099, evseenkov@inbox.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

Arkhipov Ivan A., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Russia, Dr. Vet. Sc., Professor, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, arkhipovhelm@mail.ru

Contribution of co-authors:

Varlamova Anastasiya I. – research, analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

Khalikov Salavat S. – scientific guidance, design of drug samples and research, analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

Meteleva Elizaveta S. – sample development and research, analysis and interpretation of the data obtained, preparation of an article.

Evseenko Veronika I. – design of drugs samples and research, analysis and interpretation of the obtained data.

Khalikov Marat S. – review and critical analysis of publications, research.

Arkhipov Ivan A. – scientific guidance, research, critical analysis and interpretation of the obtained data, article preparation.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619: 616.995.132: 636.1; 619:616.995.1-085

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-151-162>

Опыт освобождения лабораторных крыс от возбудителей паразитарных болезней в виварии открытого типа содержания

Дарья Николаевна Полухина¹, Ольга Александровна Панова²,
Ольга Петровна Курносова³, Надежда Борисовна Емельянова⁴,
Наталья Юрьевна Сысоева⁵, Александр Валерьевич Хрусталеv⁶,
Лидия Ивановна Качурина⁷

^{1-4, 6, 7} 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», Москва, Россия

^{1, 5} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО «МГУПП»), Москва, Россия

¹ polukhina@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9106-7427>

² panova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9254-0167>

³ kurnosova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3248-8931>

⁴ emelyanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1920-0363>

⁵ 864365@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0792-1086>

⁶ hrustalev@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4526-8719>

⁷ kachurina@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0660-7087>

Аннотация

Цель исследований – испытать разные схемы дегельминтизации лабораторных крыс при заражении цестодами *Rodentolepis nana* и нематодами *Syphacia muris* и оценить значение мероприятий комплексной дезинвазии среды содержания. Описан практический опыт освобождения животных (эрадикация гельминтов) в виварии открытого типа содержания.

Материалы и методы. Проведены опыты по изучению эффективности антигельминтиков и схем их применения при цестодозной и нематодозной инвазиях у лабораторных крыс. В первом опыте для лечения крыс, зараженных *R. nana*, использовали празиквантел в дозе 10 мг/кг. Во втором опыте оценивали сравнительную эффективность фенбендазола, албендазола и пирантела при сифациозе в рекомендованных дозировках 20, 10 и 12,5 мг/кг соответственно. Каждый препарат задавали перорально, индивидуально, дважды с интервалом 7 сут. В третьем опыте испытывали разные схемы лечения сифациоза фенбендазолом. Одним группам крыс препарат задавали перорально индивидуально через пищеводный зонд в дозе 20 мг/кг один раз в день 7 сут подряд. Другим группам фенбендазол задавали ежедневно с кормом в течение 7 сут (150 мг фенбендазола на 1 кг корма). Во всех трех опытах все животные были разделены на группы, в клетках которых проводили комплекс дополнительных дезинвазионных мероприятий, и содержащихся в клетках без дезинвазии.

Результаты и обсуждение. Празиквантел показал 100%-ную эффективность при однократной даче в дозе 10 мг/кг при терапии *R. nana*. У животных без дополнительных дезинвазионных процедур, начиная с 14-х суток после дачи препарата, были снова зарегистрированы яйца цестод. В группе животных с дезинвазионными мероприятиями на протяжении опыта возбудители выявлены не были. Двукратное применение фенбендазола, альбендазола и пирантела в рекомендуемых дозировках при сифациозе крыс не привело к освобождению животных от нематод. Дезинвазия не повлияла на полученные результаты. Фенбендазол при ежедневном применении в течение 7 сут обеспечил освобождение животных от гельминтов. Однако, на 7-е сутки после окончания терапии яйца сифаций снова обнаруживали в группах, получавших препарат индивидуально внутрижелудочно через зонд, независимо от того,



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

проводилась ли в их клетках дезинвазия. Животные, получавшие фенбендазол с кормом и у которых проводили регулярно дезинвазию, оставались свободными от нематод на протяжении всего опыта вплоть до отмены дополнительных дезинвазионных мероприятий. При отсутствии дезинвазии выделение яиц гельминтов зарегистрировано на 14-е сутки после окончания терапии.

Ключевые слова: антигельминтики, терапия, дезинвазия, эрадикация, эффективность, *Rodentolepis nana*, *Syphacia muris*, крысы

Благодарности. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.), составляющей основу государственного задания № FGUG-2022-0012.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Полухина Д. Н., Панова О. А., Курносова О. П., Емельянова Н. Б., Сысоева Н. Ю., Хрусталева А. В., Качурина Л. И. Опыт освобождения лабораторных крыс от возбудителей паразитарных болезней в виварии открытого типа содержания // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17. № 1. С. 151–162.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-151-162>

© Полухина Д. Н., Панова О. А., Курносова О. П., Емельянова Н. Б., Сысоева Н. Ю., Хрусталева А. В., Качурина Л. И., 2023

Original article

Experience of eradicating parasites of laboratory rats in conventional vivarium

Daria N. Polukhina¹, Olga A. Panova², Olga P. Kurnosova³, Nadezhda B. Emelyanova⁴, Natalya Yu. Sysoeva⁵, Alexander V. Khrustalev⁶, Lidia I. Kachurina⁷

^{1-4,6,7} 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

^{1,5} Department of Veterinary Medicine, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

¹ polukhina@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9106-7427>

² panova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9254-0167>

³ kurnosova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3248-8931>

⁴ emelyanova@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1920-0363>

⁵ 864365@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0792-1086>

⁶ hrustalev@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4526-8719>

⁷ kachurina@vniigis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0660-7087>

Abstract

The purpose of the research is to test different dehelminthization schemes of laboratory rats infected with cestodes *Rodentolepis nana* and nematodes *Syphacia muris* and evaluate the significance of combined environment disinfection measures. The practical experience of eradication (helminth eradication) in animals in a conventional vivarium was described.

Materials and methods. Experiments were conducted to study the efficacy of anthelmintics and administration schemes against cestode and nematode infections in laboratory rats. In the first experiment, praziquantel was used at a dose of 10 mg/kg to treat rats infected with *R. nana*. In the second experiment, the comparative efficacy of fenbendazole, albendazole, and pyrantel was evaluated against syphaciosis at the recommended dosages of 20, 10, and 12.5 mg/kg, respectively. Each drug was given orally, individually, twice with an interval of 7 days. The third experiment tested different schemes for treating syphaciosis with fenbendazole. One group of rats was given the drug orally individually using an esophageal tube at a dose of 20 mg/kg once a day for 7 consecutive days. Other groups were given fenbendazole daily with food for 7

days (150 mg fenbendazole per 1 kg of food). In all three experiments, all animals were divided into groups, and their cells underwent a complex of additional disinfection measures, and those kept in cages without disinfection.

Results and discussion. Praziquantel showed 100% efficacy at a single dose of 10 mg/kg in *R. nana* therapy. In animals without additional disinfection procedures, cestode eggs were again recorded starting from day 14 after the drug administration. In the group of animals with disinfection measures, pathogens were not detected during the experiment. Double administration of fenbendazole, albendazole and pyrantel in the recommended dosages against syphaciosis did not result in eradicated nematodes in the animals. The disinfection did not affect the obtained results. Fenbendazole administered daily for 7 days ensured helminth eradication in animals. However, on day 7 after the therapy, *Syphacia* sp. eggs were again found in the groups that received the drug individually intragastrically through a tube, regardless of whether their cells were disinfected. The animals that received fenbendazole with food and were regularly disinfected remained free from nematodes throughout the experiment until the additional disinfection measures were cancelled. In the absence of disinfection, released helminth eggs were recorded on day 14 after therapy.

Keywords: anthelmintics, therapy, disinfection, eradication, efficacy, *Rodentolepis nana*, *Syphacia muris*, rats

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: Polukhina D. N., Panova O. A., Kurnosova O. P., Emelyanova N. B., Sysoeva N. Yu., Khrustalev A. V., Kachurina L. I. Experience of eradicating parasites of laboratory rats in conventional vivarium. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023;17(1):151–162. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-151-162>

© Polukhina D. N., Panova O. A., Kurnosova O. P., Emelyanova N. B., Sysoeva N. Yu., Khrustalev A. V., Kachurina L. I., 2023

Введение

Крысы широко используются в качестве лабораторной модели в биологических, медицинских и ветеринарных исследованиях [7]. В настоящее время соблюдение строгих правил содержания лабораторных животных направлено на совершенствование ветеринарных и гигиенических требований с целью получения здорового поголовья, свободного от патогенов, в том числе и от паразитов, способных негативно влиять или исказить результаты опытов. Тем не менее, случаи выявления паразитарных инвазий у виварных животных далеко не редки.

У лабораторных крыс часто регистрируют оксиуридных нематод – *Syphacia muris* и *Aspicularis tetraptera*, реже цестод – *Hymenolepis diminuta* и *Rodentolepis nana*, а также простейших – *Giardia muris*, *Cryptosporidium muris* и др. [1, 3-5, 7, 11, 31, 33, 42]. Влияние паразитов на организм лабораторных животных, а, следовательно, и на результаты проводимых исследований, доказано в многочисленных работах [8, 32, 39, 42]. Негативные эффекты паразитарной, в частности гельминтозной, инвазии обычно остаются недооцененными. Напри-

мер, считается, что оксиуриды не оказывают воздействия на животных с нормальной иммунной системой. Однако, инвазия острицами вызывает нарушение кишечной абсорбции и модификацию иммунной системы [25, 28, 35, 39]. Более патогенные цестоды *R. nana* при интенсивной инвазии вызывают катаральный энтерит, хроническое паразитирование вызывает абсцессы и очаговый гранулематозный лимфаденит брыжеечных лимфатических узлов. У экспериментально заражённых *R. nana* крыс уровень сывороточного альбумина снижается в течение первых 20 сут после заражения. Это сопровождается повышенным уровнем глобулина. Другие изменения включают в себя снижение концентрации глюкозы и общих белков в сыворотке крови, повышение концентрации липидов в сыворотке крови, повышение уровня эозинофилов, гистамина или гистаминоподобного соединения в стенке кишечника [18, 19, 29, 34].

Освобождение лабораторных животных от возбудителей паразитозов является приоритетной задачей как питомников, так и вивариев. Нарушение санитарных правил внутри помещений вивария и приобретение уже инвазированных крыс из питомников несет

риск попадания возбудителей паразитозов в стационарную популяцию лабораторных животных. По данным T. Bazzano et al. (2002), это оказывает существенное влияние на работу с такими животными и приводит к серьезным негативным последствиям, поскольку не обнаруженные инвазии, циркулирующие в популяции лабораторных животных, даже в отсутствие клинических признаков, влияют на экспериментальные данные [10, 27].

При выявлении гельминтозной инвазии у лабораторных животных для обеспечения чистоты экспериментов возможны два подхода: либо выведение зараженных животных из опытов, либо терапия и дезинвазия с использованием эффективных антигельминтных средств.

Для терапии цестодозов (гименолепидоз, родентолепидоз) общепринятым препаратом является празиквантел. Для крыс его рекомендуемая доза составляет 5-10 мг/кг [8]. При сифациозе (*S. muris*) обычно применяют лечебный корм с фенбендазолом в дозе 150 мг/кг корма, либо ивермектин с питьевой водой в дозе 2,5 мг/кг массы тела крысы [12, 13, 26]. Фенбендазол считается более безопасным препаратом для мышей и крыс. Другим его преимуществом является его активность против всех стадий развития сифаций: яиц, личинок и половозрелых особей [16, 20].

Целью нашего исследования было испытать разные схемы дегельминтизации лабораторных крыс при заражении цестодами и нематодами и оценить значение мероприятий комплексной дезинвазии среды содержания. Описан практический опыт освобождения животных (эрадикация гельминтов) в виварии открытого типа содержания.

Материалы и методы

Паразитологическое обследование лабораторных крыс. Исследования проводили в лаборатории биологии и биологических основ профилактики ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. Для диагностики оксиуридной инвазии применяли индивидуальный скотч-тест [41]. Для выявления других видов гельминтов использовали комбинированный флотационный метод с применением раствора нитрата натрия (NaNO_3) плотностью 1,38 г/см³ с центрифугированием. Для количественной характеристики полученных результатов проводили подсчет яиц в 1 г. Микроскопию

проводили на микроскопах Motic BA410T, Motic AE31T и микроскопе Zeiss AxioImager Z.1 с сопряженной цифровой камерой и прилагаемым программным обеспечением. Выявленных паразитов идентифицировали по морфологическим и морфометрическим показателям с помощью руководства по паразитологии лабораторных животных Флина под ред. D. G. Baker [8]. Всего исследовано 198 проб: 40 объединённых и 72 индивидуальных проб фекалий, 17 проб подстилки (опилок), 72 пробы скотч-тест.

При исследовании фекалий, опилок и скотч-тестов крыс вивария открытого типа содержания были обнаружены нематоды *Syphacia muris* в 39,4% проб и *Trichosomoides crassicauda* в 2% проб, цестода *Rodentolepis nana* в 6,7% проб, простейшие *Eimeria* sp. в 1,7% проб и *Giardia muris* в 1,2% проб. С учетом выявленной фауны была проведена серия опытов с применением различных антигельминтных препаратов и схем их применения. В опытах использованы белые беспородные крысы средней массой тела 243 г.

Опыт лечения крыс при инвазии *R. nana*. В опыте использовали 13 лабораторных крыс, естественно зараженных *R. nana* при интенсивности инвазии, в среднем, 36,9 яйца на 1 г фекалий. Крыс разделили на три группы. По 5 гол. двух опытных групп получали празиквантел в дозе 10 мг/кг, смешанный с крахмальным гелем. Препарат задавали индивидуально перорально через пищеводный зонд однократно. После введения препарата крыс первой группы содержали в клетках без каких-либо дезинвазионных процедур. Клетки с животными второй группы были подвергнуты комплексу дополнительных дезинвазионных мероприятий. Животные третьей контрольной группы (3 крысы) антигельминтик не получали и содержались в клетке без дезинвазии. Все крысы содержались в общем зале вивария на стеллаже с другими крысами без дополнительной изоляции. Пробы фекалий исследовали методом флотации на 7-е, 14 и 28-е сутки после дачи препарата.

Опыт применения различных препаратов в рекомендуемых дозах при сифациозе крыс. Опыт проводили на 42 лабораторных крысах, зараженных *S. muris*. Крыс разделили на 6 опытных и одну контрольную группы по 6 голов в каждой для оценки эффективности

фенбендазола, албендазола и пирантела. Каждый препарат задавали двум группам крыс перорально, индивидуально, дважды с интервалом 7 сут. Препараты применяли в дозах согласно рекомендациям [8, 13, 33]. Крыс нечетных групп после лечения содержали в клетках

без дезинвазии; клетки с крысами четных групп подвергали комплексу дополнительных дезинвазионных мероприятий. Всех крыс содержали в общем зале вивария на стеллаже с другими крысами без дополнительной изоляции (табл. 1).

Таблица 1 [Table 1]

Схема опыта по дегельминтизации крыс при сифациозе с применением различных препаратов
[Scheme of the experiment on dehelminthization of rats at syphacyosis using various drugs]

Группа [Group]	Препарат [Drug]	Доза, мг/кг [Dose, mg/kg]	Дезинвазия [Disinfection]
1	Фенбендазол [Fenbendazole]	20	-
2			+
3	Альбендазол [Albendazole]	10	-
4			+
5	Пирантел [Pirantel]	12,5	-
6			+
7	-	-	-

Дезинвазию клеток крыс 2, 4 и 6-й групп проводили, начиная со следующих суток после дачи препарата и далее один раз каждые 5 сут согласно регламенту ухода за лабораторными крысами. Пробы фекалий исследовали на 7-е, 14 и 28-е сутки после второй дачи препаратов методами флотации и скотч-теста. Крыс контрольной группы, зараженных *S. muris*, не дегельминтизировали. Клетки чистили ежедневно и дезинвазию не проводили. Крыс кормили и поили по мере необходимости.

Выбор оптимальной схемы применения фенбендазола при сифациозе крыс. С целью оптимизации схемы лечения сифациоза крыс фенбендазолом с применением комплекса дополнительных дезинвазионных мероприятий было отобрано 40 белых лабораторных беспородных крыс, инвазированных *S. muris*. Из них сформировали 4 опытные группы по 8 голов в каждой. Крысам первой и второй групп фенбендазол задавали перорально индивидуально через пищеводный зонд в дозе 20 мг/кг с крахмальным гелем один раз в день в течение 7 сут. Крысам третьей и четвертой групп фенбендазол задавали групповым методом ежедневно с кормом в течение 7 сут. Для этого корм измельчали и смешивали с препаратом из расчета 150 мг фенбендазола на 1 кг корма. Смесь давали из расчета по 40 г (6 мг фенбендазола) на животное в сутки. По поедаемость лечебного корма была хорошей.

Клетки с крысами первой и третьей групп находились в общем зале содержания без до-

полнительных дезинвазионных мероприятий. Клетки с животными 2 и 4-й групп проходили ежедневную парообработку и обработку клеток дезсредством; персонал перед проведением манипуляций проводил смену перчаток. Ежедневные обработки осуществляли на протяжении периода терапии (7 сут), далее каждые 5 сут с применением тех же дезинвазионных мероприятий. Контрольные диагностические исследования проводили на 7-е сутки от начала терапии (в последний день дачи препаратов), на 7, 14, 21, 28 и 35-е сутки после окончания терапии. Использовали скотч-тест и флотационную копроовоскопию объединенных проб фекалий из клеток. Через 21 сут после окончания терапии все дополнительные дезинвазионные мероприятия по уходу за крысами были прекращены; животные всех групп содержались в общем зале вивария на стеллаже с другими крысами и получали стандартный уход.

Клетка 8 крыс контрольной группы в период опыта располагалась в общем помещении вивария на стеллаже с другими клетками, не получала терапии и дополнительных дезинвазионных мероприятий (табл. 2).

Дезинвазионные процедуры. Дезинвазионные мероприятия включали смену и чистку клеток, смену воды в поилках и смену корма. Клетки, поилки и инвентарь после механической очистки и первичной мойки водой обрабатывали паром (отпариватель напольный

Терапевтическая схема третьей серии опытов
[Therapeutic scheme of the third series of experiments]

Группа [Groupe]	Доза и способ применения [Dose and route of administration]	Дезинвазия [Disinfection]
1	Индивидуально перорально, 20 мг/кг, один раз в сутки, ежедневно 7 сут [Individually orally, 20 mg/kg, once a day, daily for 7 days]	-
2		+
3	Групповым методом с кормом, ~6 мг на голову в сутки, на протяжении 7 сут [Group method with food, ~6 mg per head per day, for 7 days]	-
4		+
5	-	-

Polaris PGS 1820VA, экспозиция 3–5 мин.), далее дезинфицирующим раствором Ника-Экстра М Профи 6% согласно инструкции с экспозицией 30 мин. Для работы с каждой клеткой персонал менял инвентарь и перчатки для предотвращения переноса возбудителей между ними.

Результаты и обсуждение

После лечения крыс против *R. nana* празиквантелом яйца оксиуриды в фекалиях на 7-е сутки у всех животных обеих опытных групп не находили. Празиквантел показал 100%-ную эффективность при однократной даче в дозе 10 мг/кг. Однако, в фекалиях животных из группы, где дезинвазионных мероприятий не проводили, на 14 и на 28-е сутки после дачи препарата были снова зарегистрированы яйца цестод. У крыс, содержащихся после лечения в условиях с выполнением мер профилактики в течение всего периода опыта, 28 сут, возбудители выявлены не были. У животных контрольной группы обнаруживали яйца цестод в фекалиях в течение всего опыта.

Таким образом, без сопутствующих мер дезинвазии и профилактики происходит перезаражение крыс в общем зале содержания при условии поддержания данного возбудителя в помещении вивария. Это связано с особенностью цикла развития *R. nana*, который может проходить прямым путем. Выделенные с фекалиями яйца являются инвазионными для окончательного хозяина (этой же или другой крысы). В тонком кишечнике личинки проникают в кишечные ворсинки и развиваются до цистицеркоида, а затем вновь попадают в просвет кишечника и прикрепляются к слизистой оболочке. Жизненный цикл при прямой передаче возбудителя завершается через 14–16 сут [8]. Еще одной

особенностью в жизненном цикле *R. nana* является способность к аутоинфекции – вылупление из яиц сразу в кишечнике того же животного, в котором их продуцирует половозрелая цестода; тогда развитие происходит без смены хозяина [18].

При сифациозе двукратное применение фенбендазола, альбендазола и пирантела не привело к освобождению крыс от нематод *S. muris*: во всех группах на 7-е, 14 и 28-е сутки после терапии в фекалиях были обнаружены яйца и личинки сифаций. Комплекс дезинвазионных мероприятий не повлиял на полученные результаты; крысы всех групп оставались зараженными оксиуридами весь период исследования.

Через 7 сут ежедневного применения фенбендазола у крыс всех опытных групп яйца сифаций в фекалиях отсутствовали (табл. 3). Однако, начиная с 7-х суток после окончания терапии яйца сифаций обнаруживали в группах крыс, получавших препарат индивидуально внутрижелудочно через зонд один раз в сутки, независимо от того, проводилась ли в их клетках дезинвазия (группы 1 и 2). Животные, получавшие фенбендазол с кормом и, в клетках которых проводили регулярную дезинвазию (группа 4), были свободны от инвазии на протяжении всего опыта вплоть до отмены дополнительных профилактических мер. При отсутствии дезинвазионных мероприятий (в группе 3) выделение яиц гельминтов наблюдали, начиная с 14-х суток после окончания терапии.

Применение фенбендазола групповым методом с кормом оказалось более эффективным, чем при индивидуальном внутрижелудочном введении. Отложенное проявление инвазии в группах, получавших препарат внутрижелудочно, очевидно, объясняется его

Таблица 3 [Table 3]

Динамика обнаружения яиц и личинок *Syphacia muris* в фекалиях крыс при терапии фенбендазолом
 [Dynamics of detection of *Syphacia muris* eggs and larvae in rat's faeces during fenbendazole therapy]

Номер группы [Group number]	Способ применения препарата [Method of the drug administration]	Дезинвазия [Disinfection]	Число яиц <i>S. muris</i> в пробе скотч-теста, в среднем, сутки [The number of <i>S. muris</i> eggs in a sample of adhesive tape, on average, days]						
			7	14	21	28	35		
1	Индивидуально через зонд [Individually via probe]	Нет	0	2,25	4	18,3	24,1	27,1	
2		Да	0	3,6	16,2	20,1	18,5	18	
3	Групповым методом с кормом [Group method with food]	Нет	0	0	5,3	12,6	21,8	22,5	
4		Да	0	0	0	0	0	2,3	

недостаточной эффективностью при таком способе применения против молодых стадий сифаций, которые через некоторое время начинают яйцепродукцию.

Важным, на наш взгляд, результатом опыта является свидетельство того, что дезинвазионные мероприятия при сифациозе эффективны лишь при полном освобождении животных от гельминтов. Это связано с особенностью данного гельминтоза, при котором перезаражение происходит не только (а, возможно, и не столько) инвазионными яйцами из подстилки, но и яйцами с шерсти из преанальной области. Дезинфекционные мероприятия в данном случае предотвращают лишь занос инвазии извне.

О сложности эрадикации животных и помещения вивария от оксиурид сообщают многие исследователи [8, 26, 33]. Эти трудности связаны с особенностями цикла развития возбудителя. Яйца *S. muris* становятся инвазионными в течение нескольких часов после выделения их в окружающую среду. Продолжительность полного цикла развития составляет всего 7–8 сут [14, 24, 25, 37]. Яйца оксиурид могут оставаться инвазионными в лабораторных условиях не менее четырех недель [7, 15].

Фенбендазол – относительно безопасный препарат. Токсичность проявляется у крыс при пероральной дозе 500 мг/кг в день. При даче препарата в терапевтических дозах в течение длительного периода (более 70 сут подряд, включая до- и послеродовой период) фенбендазол оказывал минимальное воздействие на поведение животных [9]. При пероральном приеме фенбендазола в дозе более 10 г/кг у мышей и крыс не отмечали тератогенного эффекта. Опыт по применению фенбендазола, смешанного с питьевой водой в дозе 70 мг/л, вызывает сомнения в эффективности в связи с плохой растворимостью препарата [6].

Существует мнение, что бензимидазолы проявляют активность против всех стадий развития нематод (яиц, личинок и половозрелых особей) [20]. Поэтому, при терапии фенбендазолом не все авторы рекомендуют проведение дополнительной дезинвазии. Однако, полученные нами результаты свидетельствуют о том, что фенбендазол при сифациозе не всегда гарантированно освобождает животных от молодых стадий гельминтов, а отказ от дезинвазии повышает риск повторного проявления гельминтоза. При проведении комплексных мероприятий в помещениях вивариев можно сократить срок применения лекарственного препарата и тем самым ускорить и удешевить процесс освобождения вивария от возбудителя.

Вредные эффекты перорального приема ивермектина и его влияние на результаты исследований хорошо известны. Они включают снижение фертильности и появление врожденных дефектов у новорожденных, токсические эффекты у молодых мышей и крыс, связанные с тем, что его концентрация в молоке в 3–4 раза превышает концентрацию в плазме крови [17, 21, 22, 30, 33, 36]. Поэтому пероральное использование ивермектина, хотя и считается эффективным, не желательно в экспериментальных исследованиях [33]. Описанные в литературе способы применения ивермектина в форме капель на холку, аэрозолей, подкожных инъекций, более трудоемки и мало приемлемы, особенно в масштабах крупного вивария [2, 23, 33, 38, 40].

Таким образом, проведенное исследование показало необходимость проведения регулярного паразитологического обследования всего поступающего поголовья лабораторных крыс для предупреждения распространения возбудителей в вивариях. При обнаружении возбудителей в зале вивария требуется обеспечить чистоту помещений: провести соответствующую терапию с дополнительными дезинвазионными мероприятиями или вывести зараженных животных из опытов и предотвратить распространение возбудителей.

Заключение

Для лечения крыс вивария от инвазии *Rodentolepis nana* рекомендована однократная дача празиквантела в дозе 10 мг/кг с обязательными дезинвазионными процедурами.

При выявлении у крыс *Syphacia muris* рекомендуется скормливание лечебного корма в течение 7 сут с добавлением 150 мг фенбендазола на 1 кг корма. Во время лечения необходима ежедневная дезинвазия клеток, поилок и предметов ухода со сменой подстилки и воды.

В последующем, для профилактики заноса и распространения возбудителей, дезинвазионные процедуры должны проводиться регулярно во время стандартной смены подстилки и воды у животных.

Список источников

1. Адениль Д. А. Гельминтофауна лабораторных и синантропных грызунов, меры борьбы с основными гельминтозами в условиях города Москвы и Московской области: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Москва, 2001. 17 с.

2. Василевич Ф. И., Малахова Н. А. Поиск эффективных средств и способов лечения оксигурозов лабораторных животных // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 1. С. 34-36.
3. Климова Е. С., Бабинцева Т. В. Паразитофауна лабораторных грызунов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2019. Т. 240, № 4. С. 105-108.
4. Масленникова О. В., Ерофеева В. В., Пухляк В. П. Сифациоз грызунов и его эколого-эпидемиологическое значение // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-7. С. 1542-1544.
5. Панова О. А., Курносоева О. П., Сысоева Н. Ю., Полухина Д. Н., Сергеева Н. А., Корчагина А. Ю. Паразитологическое обследование лабораторных крыс // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 4 (6).
6. Arias J. L., Lopez-Viota M., Clares B., Ruiz M. A. Stability of fenbendazole suspensions for veterinary use correlation between zeta potential and sedimentation. Eur. J. Pharm. Sci. 2008; 45: 257-262. doi: 10.1016/j.ejps.2008.04.008.
7. Baker D. G. Natural pathogens of laboratory mice, rats, and rabbits and their effects on research. Clin. Microbiol. Rev. 1998; 11: 231-266. doi: 10.1128/CMR.11.2.231.
8. Baker D. G. Flynn's parasites of laboratory animals. 2nd ed. / David G. Baker (editor-in-chief). Blackwell Publishing. 2007; 814.
9. Barron S., Baseheart B. J., Segar T. M., Deveraux T., Willford J. A. The behavioral teratogenic potential of fenbendazole: a medication for pinworm infestation. Neurotoxicol. Teratol. 2000; 22: 871-877. doi: 10.1016/s0892-0362(00)00102-1.
10. Bazzano T., Restel T. I., Pinto R. M., Gomes D. C. Patterns of infection with the nematodes *Syphacia obvelata* and *Aspiculuris tetraptera* in conventionally maintained laboratory mice. Mem. Inst. Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro. 2002; 97 (6): 847-853. doi: 10.1590/S0074-02762002000600017
11. Beyhan Y., Gurler T., Bolukbas C., Acici M., Umur S. Helminths of some laboratory animals detected by necropsy and fecal examination. Turkish Society for Parasitology. 2010; 34: 98-101.
12. Boivin G. P., Ormsby I., Hall J. E. Eradication of *Aspiculuris tetraptera* using fenbendazole-medicated food. Contemp. Top. Lab. Anim. Sci. 1996; 35: 69-70.
13. Coghlan L. G., Lee D. R., Psencik B., Weiss D. Practical and effective eradication of pinworms (*Syphacia muris*) in rats by use of fenbendazole. Lab. Anim. Sci. 1993; 43: 481-487.

14. Dix J., Astill J., Whelan G. Assessment of methods of destruction of *Syphacia muris* eggs. *Lab. Anim.* 2004; 38: 11–16. doi: 10.1258/00236770460734344.
15. Hoag W. G. Oxyuriasis in laboratory mouse colonies. *Am. J. Vet. Res.* 1961; 22: 150–153.
16. Huerkamp M. J., Benjamin K. A., Zitzow L. A. Fenbendazole treatment without environmental decontamination eradicates *Syphacia muris* from rats in a large, complex research institution. *Contemporary topics in laboratory animal science. Am. Assoc. for Lab. Animal Sci.* 2000; 39 (3): 9–12.
17. Jackson T. A., Hall J. E., Boivin G. P. Ivermectin toxicity in multiple transgenic mouse lines. *Lab. Anim. Pract.* 1998; 31: 37–41.
18. Katiyar J. C., Sen A. B. Occurrence of histamine in the intestine of rats harboring cysticercoids of *Hymenolepis nana*. *Indian J. Exp. Biol.* 1970; 8: 191–193.
19. Katiyar J. C., Tangri A. N., Ghatak S., Sen A. B. Serum protein pattern of rats during infection with *Hymenolepis nana*. *Indian J. Exp. Biol.* 1973; 11: 188–190.
20. Lacey E., Brady R. L., Prichard R. K., Watson T. R. Comparison of inhibition of polymerisation of mammalian tubulin and helminth ovicidal activity by benzimidazole carbamates. *Vet. Parasitol.* 1987; 23: 105–119. doi: 10.1016/0304-4017(87)90029-X
21. Lankas G. R., Cartwright M. E., Umbenhauer D. P-glycoprotein deficiency in a subpopulation of CF-1 mice enhances avermectin-induced neurotoxicity. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1997; 143: 357–365.
22. Lankas G. R., Minsker D. H., Robertson R. T. Effects of ivermectin on reproduction and neonatal toxicity in rats. *Food Chem. Toxicol.* 1989; 27: 523–529.
23. Le Blanc S. A., Faith R. E., Montgomery C. A. Use of topical ivermectin treatment for *Syphacia obvelata* in mice. *Lab. Anim. Sci.* 1993; 43: 526–528.
24. Lewis J. W., D'Silva J. The life-cycle of *Syphacia muris* Yamaguti (Nematoda: Oxyuroidea) in the laboratory rat. *J. Helminthol.* 1986; 60: 39–46.
25. Lübcke R., Hutcheson F. A. R., Barbezat G. O. Impaired intestinal electrolyte transport in rats infested with the common parasite *Syphacia muris*. *Dig. Dis. Sci.* 1992; 37: 60–64. doi: 10.1007/BF01308343
26. Lytvynets A., Langrová I., Lachout J., Vadlejch J., Fučíková A., Jankovská I. Drinking water ivermectin treatment for eradication of pinworm infections from laboratory rat colonies. *Helminthologia.* 2010; 47: 233–237. <https://doi.org/10.2478/s11687-010-0036-5>
27. Najafi F., Rezaie S., Kia E., Mobedi I., Mahmoudi M., Salimi M., Hasanpour H., Makki M., Mowlavi G. Intestinal helminths in laboratory mice and rats in four research centers, Tehran, Iran. *J. Med. Microbiol. Infect. Dis.* 2014; 2 (4): 130–132.
28. Neto de Sousa J., Carvalho E., Levenhagen, Marcelo L., Chaves, L., Costa-Cruz J. Diagnosis of the pinworm *Syphacia muris* in the Wistar rat *Rattus norvegicus*. *J. Helminthol.* 2014; 1: 1–4. doi: 10.1017/S0022149X14000753.
29. Niwa A., Miyazato T. Enhancement of intestinal eosinophilia during *Hymenolepis nana* infection in mice. *J. Helminthol.* 1996; 70: 33–41.
30. Paul A. J., Tranquilli W. J., Seward R. L., Todd K. S., Di Pietro J. A. Clinical observations in collies given ivermectin orally. *Am. J. Vet. Res.* 1987; 48: 684–685.
31. Perek-Matysiak A., Okulewicz A., Hildebrand J., Zalesny G. Helminth parasites of laboratory mice and rats. *Wiad Parazytol.* 2006; 52 (2): 99–102.
32. Plachý V., Litvinec A., Langrová I., Horáková B., Sloup V., Jankovská I., Vadlejch J., Čadková Z., Borkovcová M. The effect of *Syphacia muris* on nutrient digestibility in laboratory rats. *Lab. Anim.* 2016; 50(1): 39–44. doi: 10.1177/0023677215577038.
33. Pritchett K. R., Johnston N. A. A review of treatments for the eradication of pinworm infections from laboratory rodent colonies. *Contemp. Top. Lab. Anim. Sci.* 2002; 41 (2): 36–46.
34. Sanad M. M. Effect of *Hymenolepis nana* on the protein and lipid in the intestinal mucosal cells of mice. *J. Egypt. Soc. Parasitol.* 1991; 21: 75–80.
35. Sato Y., Ooi H. K., Nonaka N., Oku Y., Kamiya M. Antibody production in *Syphacia obvelata* infected mice. *J. Parasitol.* 1995; 81: 559–562.
36. Skopets B., Wilson R. P., Griffith J. W., Lang C. M. Ivermectin toxicity in young mice. *Lab. Anim. Sci.* 1996; 46: 111–112.
37. Stone W. B., Manwell R. D. Potential helminth infections in humans from pet or laboratory mice and hamsters. *Public Health Rep.* 1966; 81 (7): 647–653.
38. Sueta T., Miyoshi I., Okamura T., Kasa N. Experimental eradication of pinworms (*Syphacia obvelata* and *Aspiculuris tetraptera*) from mice colonies using ivermectin. *Exp. Anim.* 2002; 51: 367–373. doi: 10.1538/expanim.51.367
39. Taffs L. E. Pinworm infections in laboratory rodents: a review. *Lab. Anim.* 1976; 10: 1–13.
40. West W. L., Schofield J. C., Bennett B. T. Efficacy of the "micro-dot" technique for administering topical 1% ivermectin for the control of pinworms and fur

- mites in mice. *Contemp. Top. Lab. Anim. Sci.* 1992; 31: 7-10.
41. Zajac A. M., Conboy G. A., Little S. E., Reichard M. V. *Veterinary clinical parasitology*. 9th edn. Wiley-Blackwell, Chichester, 2021; 432.
42. Zenner L., Regnault J. R. Ten-year long monitoring of laboratory mouse and rat colonies in French facilities: a retrospective study. *Lab. Anim.* 2000; 34: 76-83. <https://doi.org/10.1258/002367700780577957>.

Статья поступила в редакцию 12.09.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторах:

Полухина Дарья Николаевна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-9106-7427, polukhina@vniigis.ru

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

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

Емельянова Надежда Борисовна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-1920-0363, emelyanova@vniigis.ru

Сысоева Наталья Юрьевна, ФГБОУ ВО «МГУПП» (109029, Москва, ул. Талалихина, 33), Москва, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0002-0792-1086, 864365@mail.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

Качурина Лидия Ивановна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0002-0660-7087, kachurina@vniigis.ru

Вклад соавторов:

Полухина Дарья Николаевна – исследование материала, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

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.

Емельянова Надежда Борисовна – исследование материала, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

Сысоева Наталья Юрьевна – разработка дизайна опытов.

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

Качурина Лидия Ивановна – исследование материала, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Adenil D. A. Helminth fauna in laboratory and synanthropic rodents, and measures to control the main helminth infections in Moscow and the Moscow Region: autoref. dis. ... *Cand. Vet. Sci. Moscow*, 2001; 17. (In Russ.)
- Vasilevich F. I., Malakhova N. A. Search for effective means and methods for treatment of oxyurosis in laboratory animals. *Vestnik OrelGAU = Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2011; 1: 34-36. (In Russ.)
- Klimova E. S., Babintseva T. V. Parasite fauna in laboratory rodents. *Uchenyye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Bauman* = *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2019; 240 (4): 105-108. (In Russ.)
- Maslennikova O. V., Erofeeva V. V., Pukhlyanko V. P. Syphaciosis of rodents and its ecological and epidemiological significance. *Fundamental'nyye issledovaniya = Fundamental Research*. 2014; 9-7: 1542-1544. (In Russ.)
- Panova O. A., Kurnosova O. P., Sysoeva N. Yu., Polukhina D. N., Sergeeva N. A., Korchagina A. Yu. Parasitological examination of laboratory rats. *Vestnik Vyatskoy GSKHA = Bulletin of the Vyatka State Agricultural Academy*. 2020; 4 (6). (In Russ.)
- Arias J. L., Lopez-Viota M., Clares B., Ruiz M.A. Stability of fenbendazole suspensions for veterinary use correlation between zeta potential and

- sedimentation. *Eur. J. Pharm. Sci.* 2008; 45: 257-262. doi: 10.1016/j.ejps.2008.04.008.
7. Baker D. G. Natural pathogens of laboratory mice, rats, and rabbits and their effects on research. *Clin. Microbiol. Rev.* 1998; 11: 231-266. doi: 10.1128/CMR.11.2.231.
 8. Baker D. G. Flynn's parasites of laboratory animals. 2nd ed. / David G. Baker (editor-in-chief). Blackwell Publishing. 2007; 814.
 9. Barron S., Baseheart B. J., Segar T. M., Deveraux T., Willford J. A. The behavioral teratogenic potential of fenbendazole: a medication for pinworm infestation. *Neurotoxicol. Teratol.* 2000; 22: 871-877. doi: 10.1016/S0892-0362(00)00102-1.
 10. Bazzano T., Restel T. I., Pinto R. M., Gomes D. C. Patterns of infection with the nematodes *Syphacia obvelata* and *Aspicularis tetraptera* in conventionally maintained laboratory mice. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz - Rio de Janeiro.* 2002; 97 (6): 847-853. doi: 10.1590/S0074-02762002000600017
 11. Beyhan Y., Gurler T., Bolukbas C., Acici M., Umur S. Helminths of some laboratory animals detected by necropsy and fecal examination. *Turkish Society for Parasitology.* 2010; 34: 98-101.
 12. Boivin G. P., Ormsby I., Hall J. E. Eradication of *Aspicularis tetraptera* using fenbendazole-medicated food. *Contemp. Top. Lab. Anim. Sci.* 1996; 35: 69-70.
 13. Coghlan L. G., Lee D. R., Psencik B., Weiss D. Practical and effective eradication of pinworms (*Syphacia muris*) in rats by use of fenbendazole. *Lab. Anim. Sci.* 1993; 43: 481-487.
 14. Dix J., Astill J., Whelan G. Assessment of methods of destruction of *Syphacia muris* eggs. *Lab. Anim.* 2004; 38: 11-16. doi: 10.1258/00236770460734344.
 15. Hoag W. G. Oxyuriasis in laboratory mouse colonies. *Am. J. Vet. Res.* 1961; 22: 150-153.
 16. Huerkamp M. J., Benjamin K. A., Zitzow L. A. Fenbendazole treatment without environmental decontamination eradicates *Syphacia muris* from rats in a large, complex research institution. Contemporary topics in laboratory animal science. *Am. Assoc. for Lab. Animal Sci.* 2000; 39 (3): 9-12.
 17. Jackson T. A., Hall J. E., Boivin G. P. Ivermectin toxicity in multiple transgenic mouse lines. *Lab. Anim. Pract.* 1998; 31: 37-41.
 18. Katiyar J. C., Sen A. B. Occurrence of histamine in the intestine of rats harboring cysticercoids of *Hymenolepis nana*. *Indian J. Exp. Biol.* 1970; 8: 191-193.
 19. Katiyar J. C., Tangri A. N., Ghatak S., Sen A. B. Serum protein pattern of rats during infection with *Hymenolepis nana*. *Indian J. Exp. Biol.* 1973; 11: 188-190.
 20. Lacey E., Brady R. L., Prichard R. K., Watson T. R. Comparison of inhibition of polymerisation of mammalian tubulin and helminth ovicidal activity by benzimidazole carbamates. *Vet. Parasitol.* 1987; 23: 105-119. doi: 10.1016/0304-4017(87)90029-X
 21. Lankas G. R., Cartwright M. E., Umbenhauer D. P-glycoprotein deficiency in a subpopulation of CF-1 mice enhances avermectin-induced neurotoxicity. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1997; 143: 357-365.
 22. Lankas G. R., Minsker D. H., Robertson R. T. Effects of ivermectin on reproduction and neonatal toxicity in rats. *Food Chem. Toxicol.* 1989; 27: 523-529.
 23. Le Blanc S. A., Faith R. E., Montgomery C. A. Use of topical ivermectin treatment for *Syphacia obvelata* in mice. *Lab. Anim. Sci.* 1993; 43: 526-528.
 24. Lewis J. W., D'Silva J. The life-cycle of *Syphacia muris* Yamaguti (Nematoda: Oxyuroidea) in the laboratory rat. *J. Helminthol.* 1986; 60: 39-46.
 25. Lübcke R., Hutcheson F. A. R., Barbezat G. O. Impaired intestinal electrolyte transport in rats infested with the common parasite *Syphacia muris*. *Dig. Dis. Sci.* 1992; 37: 60-64. doi: 10.1007/BF01308343
 26. Lytvynets A., Langrová I., Lachout J., Vadlejš J., Fučíková A., Jankovská I. Drinking water ivermectin treatment for eradication of pinworm infections from laboratory rat colonies. *Helminthologia.* 2010; 47: 233-237. doi: 10.2478/s11687-010-0036-5
 27. Najafi F., Rezaie S., Kia E., Mobedi I., Mahmoudi M., Salimi M., Hasanpour H., Makki M., Mowlavi G. Intestinal helminths in laboratory mice and rats in four research centers, Tehran, Iran. *J. Med. Microbiol. Infec. Dis.* 2014; 2 (4): 130-132.
 28. Neto de Sousa J., Carvalho E., Levenhagen, Marcelo L., Chaves, L., Costa-Cruz J. Diagnosis of the pinworm *Syphacia muris* in the Wistar rat *Rattus norvegicus*. *J. Helminthol.* 2014; 1: 1-4. doi: 10.1017/S0022149X14000753.
 29. Niwa A., Miyazato T. Enhancement of intestinal eosinophilia during *Hymenolepis nana* infection in mice. *J. Helminthol.* 1996; 70: 33-41.
 30. Paul A. J., Tranquilli W. J., Seward R. L., Todd K. S., Di Pietro J. A. Clinical observations in collies given ivermectin orally. *Am. J. Vet. Res.* 1987; 48: 684-685.
 31. Perek-Matysiak A., Okulewicz A., Hildebrand J., Zalesny G. Helminth parasites of laboratory mice and rats. *Wiad Parazytol.* 2006; 52 (2): 99-102.
 32. Plachý V., Litvinec A., Langrová I., Horáková B., Sloup V., Jankovská I., Vadlejš J., Čadková Z.,

- Borkovcová M. The effect of *Syphacia muris* on nutrient digestibility in laboratory rats. *Lab. Anim.* 2016;50(1):39-44. doi:10.1177/0023677215577038.
33. Pritchett K. R., Johnston N. A. A review of treatments for the eradication of pinworm infections from laboratory rodent colonies. *Contemp. Top. Lab. Anim. Sci.* 2002; 41 (2): 36–46.
34. Sanad M. M. Effect of *Hymenolepis nana* on the protein and lipid in the intestinal mucosal cells of mice. *J. Egypt. Soc. Parasitol.* 1991; 21: 75–80.
35. Sato Y., Ooi H. K., Nonaka N., Oku Y., Kamiya M. Antibody production in *Syphacia obvelata* infected mice. *J. Parasitol.* 1995; 81: 559-562.
36. Skopets B., Wilson R. P., Griffith J. W., Lang C. M. Ivermectin toxicity in young mice. *Lab. Anim. Sci.* 1996; 46: 111- 112.
37. Stone W. B., Manwell R. D. Potential helminth infections in humans from pet or laboratory mice and hamsters. *Public Health Rep.* 1966; 81 (7): 647-653.
38. Sueta T., Miyoshi I., Okamura T., Kasa N. Experimental eradication of pinworms (*Syphacia obvelata* and *Aspiculuris tetraptera*) from mice colonies using ivermectin. *Exp. Anim.* 2002; 51: 367–373. doi: 10.1538/expanim.51.367
39. Taffs L. E. Pinworm infections in laboratory rodents: a review. *Lab. Anim.* 1976; 10: 1–13.
40. West W. L., Schofield J. C., Bennett B. T. Efficacy of the "micro-dot" technique for administering topical 1% ivermectin for the control of pinworms and fur mites in mice. *Contemp. Top. Lab. Anim. Sci.* 1992; 31: 7-10.
41. Zajac A. M., Conboy G. A., Little S. E., Reichard M. V. *Veterinary clinical parasitology*. 9rd edn. Wiley-Blackwell, Chichester, 2021; 432.
42. Zenner L., Regnault J. R. Ten-year long monitoring of laboratory mouse and rat colonies in French facilities: a retrospective study. *Lab. Anim.* 2000; 34: 76-83. doi: 10.1258/002367700780577957.

The article was submitted 12.09.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the authors:

Polukhina Daria N., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0001-9106-7427, polukhina@vniigis.ru

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

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

Emelyanova Nadezhda B., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0003-1920-0363, emelyanova@vniigis.ru

Sysoeva Natalya Yu., Department of Veterinary Medicine, Moscow State University of Food Production (33, Talalikhina st., Moscow, 109029), Moscow, Russian Federation, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0002-0792-1086, 864365@mail.ru

Khrustalev Alexander V., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-4526-8719, khrustalev@vniigis.ru

Kachurina Lidia I., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-0660-7087, kachurina@vniigis.ru

Contribution of co-authors:

Polukhina Daria N. – material research, review of publications on the topic of the article, writing of the manuscript text.

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

Kurnosova Olga P. – material research, review of publications on the topic of the article, experiment design development, writing of the manuscript text.

Emelyanova Nadezhda B. – material research, review of publications on the topic of the article, writing of the manuscript text.

Sysoeva Natalya Yu. – experiment design development.

Khrustalev Alexander V. – pathogens identification, obtained data analysis, manuscript design development.

Kachurina Lidia I. – material research, review of publications on the topic of the article, writing of the manuscript text.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.1-085

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-163-169>

Растворимость триклабендазола как фактор, определяющий активность его твердых дисперсий с полимерами

Марат Салаватович Халиков¹

¹ 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», Москва, Россия

¹ marat.xalikov.88@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1768-5048>

Аннотация

Цель исследований – изучение растворимости твердых дисперсий (ТД) на основе триклабендазола (ТКБ) и полимеров, полученных в оптимальных условиях механохимической технологии. Методом ВЭЖХ подтвердить химическую стабильность субстанции ТКБ как при получении его ТД, так и при хранении.

Материалы и методы. Для исследований были использованы субстанция ТКБ, полимер поливинилпирролидон (ПВП), полисахарид арабиногалактан (АГ) и экстракт солодки (ЭС), содержащий 25% глицирризиновой кислоты (ГК). Для проведения механообработки исходные компоненты были взяты в весовом соотношении 1 : 9 и подвергнуты механообработке в шаровой мельнице LE-101 на валках при вращении барабана со скоростью 55–60 об/мин при модуле процесса 1 : 17 в течение 1–6 ч с отбором проб для проведения анализа на растворимость и стабильность ТКБ. Анализ на растворимость образцов ТКБ и его стабильность в этих образцах проводили методом ВЭЖХ.

Результаты и обсуждение. При механохимической обработке субстанции ТКБ с выбранными полимерами были получены соответствующие ТД следующих составов: ТКБ : ПВП (1 : 9), ТКБ : АГ (1 : 9), ТКБ : ПВП : АГ (1 : 4,5 : 4,5) и ТКБ : ЭС (1 : 9), которые представляли собой легко-сыпучие порошки с повышенной растворимостью по ТКБ (до 34 раз). Анализ ранее полученных образцов ТД ТКБ показал, что со временем растворимость снижается незначительно. Например, для состава ТКБ : АГ (1 : 9) наблюдается снижение растворимости с 10 до 8 раз (образец за 2 ч механообработки) и с 23 до 18 раз (образец за 4 ч механообработки). Отмечена химическая стабильность субстанции ТКБ в образцах его ТД, полученных ранее.

Ключевые слова: триклабендазол, полимеры, механохимия, твердая дисперсия, растворимость, стабильность, эффективность

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ. Выражаем благодарность д-ру биол. наук М. Б. Мусаеву за ценные рекомендации при выполнении и подведении итогов настоящей работы, научному сотруднику ИНЭОС РАН, канд. х. наук М. М. Ильину за проведение ВЭЖХ-анализа образцов твердых дисперсий на растворимость и стабильность ТКБ и проф. И. А. Архипову за консультации при постановке и проведении научно-исследовательской работы и анализе полученных результатов.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: 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>

© Халиков М. С., 2023



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

Original article

Solubility of triclabendazole as a factor determining the activity of its solid dispersions with polymers

Marat S. Khalikov¹

¹All-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

¹marat.xalikov.88@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1768-5048>

Abstract

The purpose of the research is to study solubility of triclabendazole-based (TCB) solid dispersions (SD) and polymers obtained under optimal conditions of mechanochemical technology; and to confirm chemical stability of a TCB substance by the HPLC method both during its SD preparation and their storage.

Materials and methods. The research used a TCB substance, polyvinylpyrrolidone (PVP), arabinogalactan (AG), and licorice extract (LE) that contained 25% glycyrrhizinic acid (GA). For machining, the initial components were taken in a 1 : 9 weight ratio and machined in an LE-101 drum mill on rolls with a drum rotating at a speed of 55–60 rpm with a 1 : 17 process module for 1 to 6 hours with sampling to evaluate the TCB solubility and stability. The TCB sample solubility and its stability were evaluated in these samples by HPLC.

Results and discussion. The machining of the TCB substance with selected polymers obtained the corresponding SDs of the following compositions: TCB : PVP (1 : 9), TCB : AG (1 : 9), TCB : PVP : AG (1 : 4.5 : 4.5) and TCB : LE (1 : 9), which were free-flowing powders with enhanced solubility for TCB (up to 34). The evaluation of previously obtained samples of TCB SDs showed that the solubility decreased slightly over time. For example, a decrease in solubility for TCB : AG (1 : 9) was observed from 10 to 8 (the sample after 2 h of machining) and from 23 to 18 (the sample after 4 h of machining). The chemical stability was observed of the TCB substance in its SD samples obtained earlier.

Keywords: triclabendazole, polymers, mechanochemistry, solid dispersion, solubility, stability, efficacy

Acknowledgements. The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. We express our gratitude to Dr. Sc. Biol. M.B. Musaev for valuable recommendations in performing and summing up the results of this study; to Cand. Sc. Chem. M. M. Ilyin, Researcher of the Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the Russian Academy of Sciences for the HPLC analysis of samples of solid dispersions for the TCB solubility and stability; and to Professor I. A. Arkhipov for consultations in setting up and conducting research work and evaluating the obtained results.

Financial transparency: the author has no financial interest in submitted materials or methods.

There is no conflict of interests.

For citation: 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>

© Khalikov M. S., 2023

Введение

Проблема гельминтозов, на решение которой направлены усилия широкого круга ученых, является весьма актуальной, т. к. только гельминтами заражено более миллиарда человек в мире. Для лечения гельминтозов в медицине широко применяют субстанции бензимидазольных производных, в частности, триклабендазол (ТКБ), который используют

для дегельминтизации животных при фасциолезе. Субстанция ТКБ, являясь эффективным как против молодых, так и взрослых фасциол, обладает низкой растворимостью в воде [1].

Используя опыт российских ученых по успешному решению проблемы растворимости ряда лекарственных субстанций [2], нами была успешно применена технология механохимической модификации ТКБ с помощью

ряда полимеров для увеличения растворимости субстанции ТКБ. Полученные при этом твердые дисперсии (ТД) ТКБ представляют собой тонкодиспергированные порошки, которые при растворении в воде образуют соответствующие супрамолекулярные комплексы с повышенной растворимостью. Анализ полученных ТД ТКБ с полимерами по ряду параметров (растворимость, себестоимость, токсичность, эффективность), определяющих перспективность препарата для внедрения в практику ветеринарии, позволил определить таковым ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9), названный нами триклафасцидом [3].

Целью работы было воспроизведение оптимальных условий получения ТД триклафасцида на основе ТКБ и полимеров (ПВП, АГ и ЭС) и анализ растворимости и химической стабильности ТКБ как при приготовлении ТД, так и при хранении.

Материалы и методы

Для получения ТД триклабендазола с полимерами были выбраны следующие вещества и материалы:

- триклабендазол-5-хлор-6-(2,3-дихлорфенокси)-2-(метилтио)-1Н-бензимидазол. Субстанция серии SZBCZZZXW от SigmaAldrich.
- полисахарид арабиногалактан (АГ) марки «Левитол-арабиногалактан» ТУ 9325-008-70692152-08. Продукция компании АО «Аметис» (Россия, г. Благовещенск).
- поливинилпирролидон-1 этенилпирролидин-2-он марки К-15. Продукция компании Boai NKY Pharmaceuticals Ltd (КНР). Серия P160828002-0.
- экстракт солодки (ЭС) – декларация соответствия TCN RU Д–RU.AF96.B.00958. Производство ООО «Вистера» (Алтайский край).

ТД ТКБ с полимерами получали по механохимической технологии путем механообработки исходных компонентов, взятых в соответствующих весовых количествах, на валковой шаровой мельнице LE-101 с регулируемой энергонапряженностью [3].

Изменение растворимости полученных ТД фиксировали методом ВЭЖХ [4].

Испытание полученных препаратов на основе ТКБ проводили на крупном рогатом ско-

те, спонтанно инвазированном фасциолами, в с. Беной Шатойского района Чеченской Республики. Эффективность препаратов определяли через 30 сут после дегельминтизации путем исследования проб фекалий. Учёт эффективности препаратов проводили по типу «критический тест» согласно Руководству, одобренному Всемирной Ассоциацией за прогресс ветеринарной паразитологии (1995).

Результаты и обсуждение

Механохимическая модификация ТКБ с помощью полимеров позволила существенно увеличить его растворимость из ТД (табл. 1).

Анализ данных таблицы 1 показал, что величина увеличения растворимости ТКБ из его ТД с полимерами зависит от природы полимера. Наибольшее увеличение растворимости отмечено в случае ЭС, видимо, из-за наличия в его составе 25% глицирризиновой кислоты, способной образовывать мицеллярные системы, обладающие не только повышенной растворимостью в воде, но и высокой мембранной проницаемостью [5, 6].

Увеличение растворимости лекарственных субстанций позволяет предположить также повышение мембранной проницаемости, а значит, биодоступности препарата и его биологической активности [7]. Увеличение биологической активности ТД ТКБ с полимерами подтверждено при производственном испытании на крупном рогатом скоте в с. Беной Шатойского района Чеченской Республики (табл. 2).

Препарат на основе ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9), названный триклафасцидом, в дозе 1,2 мг/кг ТКБ показал экстенсэффективность (ЭЭ) 90,0% и интенсэффективность (ИЭ) 98,9%. Контрольная группа животных, получавшая субстанцию ТКБ в десять раз уменьшенной терапевтической дозе (1,2 мг/кг по ДВ), эффективности не проявила (ИЭ = 27,8%). Экстенсинвазированность крупного рогатого скота в данном населённом пункте составила 53,9%.

Одним из важных критериев для рекомендуемых в практику препаратов является их стабильность при хранении [1]. С целью изучения стабильности ТД ТКБ, были проведены ВЭЖХ-анализы ранее полученных ТД ТКБ с полимерами. Так, образцы 28.04.2018 г. показали высокую растворимость и сохранность ТКБ (табл. 3, 4).

Таблица 1 [Table 1]

Растворимость ТКБ и его ТД в воде (погрешность анализа $\pm 3\%$)
[Solubility of TCB and its SD in water (analysis error $\pm 3\%$)]

Состав образца ТД и условия его получения [The composition of the solid dispersion sample and the conditions for its preparation]	Растворимость в воде, мг/л [Solubility in water, mg/l]	Увеличение растворимости, раз [Increase in solubility, times]
Исходный ТКБ [Parent triclabendazole (TCB)]	1,0	-
ФС*состава ТКБ : АГ (1 : 9) [PM* of composition TCB : AG (1 : 9)]	1,9	2
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 1 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 1 h of machining]	4,2	4
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 2 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 2 h of machining]	9,9	10
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 4 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 4 h of machining]	22,9	23
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 6 h of machining]	25,5	26
ФС* состава ТКБ : ПВП (1 : 9) [PM* of composition TCB : PVP (1 : 9)]	2,9	3
ТД состава ТКБ : ПВП (1 : 9) после 1 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : PVP (1 : 9) after 1 h of machining]	4,1	4
ТД состава ТКБ : ПВП (1 : 9) после 2 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : PVP (1 : 9) after 2 h of machining]	7,6	8
ТД состава ТКБ : ПВП (1 : 9) после 4 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : PVP (1 : 9) after 4 h of machining]	12,8	13
ТД состава ТКБ : ПВП (1 : 9) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : PVP (1 : 9) after 6 h of machining]	21,8	22
ФС*состава ТКБ : АГ : ПВП (1 : 4,5 : 4,5) [PM* of composition TCB : AG : PVP (1 : 4,5 : 4,5)]	2,8	3
ТД состава ТКБ : АГ : ПВП (1 : 4,5 : 4,5) после 1 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG : PVP (1 : 4,5 : 4,5) after 1 h of machining]	6,9	7
ТД состава ТКБ : АГ : ПВП (1 : 4,5 : 4,5) после 2 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG : PVP (1 : 4,5 : 4,5) after 2 h of machining]	14,1	14
ТД состава ТКБ : АГ : ПВП (1 : 4,5 : 4,5) после 4 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG : PVP (1 : 4,5 : 4,5) after 4 h of machining]	29,3	28
ТД состава ТКБ : АГ : ПВП (1 : 4,5 : 4,5) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG : PVP (1 : 4,5 : 4,5) after 6 h of machining]	31,5	32
ФС*состава ТКБ : ЭС (1 : 9) [PM* of composition TCB : LE (1 : 9)]	3,8	4
ТД состава ТКБ : ЭС (1 : 9) после 1 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : LE (1 : 9) after 1 h of machining]	12,6	13
ТД состава ТКБ : ЭС (1 : 9) после 2 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : LE (1 : 9) after 2 h of machining]	18,8	19
ТД состава ТКБ : ЭС (1 : 9) после 4 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : LE (1 : 9) after 4 h of machining]	28,2	28
ТД состава ТКБ : ЭС (1 : 9) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : LE (1 : 9) after 6 h of machining]	33,9	34

Примечание. [Note]. * – физическая смесь (ФС), полученная при механообработке компонентов в ступке в течение 5 мин
[physical mixture (PM) obtained by machining the components in a mortar for 5 min]

После 4-х лет хранения растворимость образцов ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) уменьшилась незначительно. Для состава ТКБ : АГ (1 : 9) установлено снижение растворимости с 10

до 8 раз (образец за 2 ч механообработки) и с 23 до 18 раз (образец за 4 ч механообработки). Растворимость ТД, полученных после 10 и 16 ч механообработки, существенно не превыси-

Таблица 2 [Table 2]

Эффективность триклафасида при фасциолёзе крупного рогатого скота (coproovoscopy, «критический тест»)
[Efficacy of triclabendazole at fasciolosis in cattle (coproovoscopy, "critical test")]

Номер группы [Group number]	Препарат [Drug]	Число животных в группе [Number of animals in group]	Доза, мг/кг, по ДВ [Dose, mg/kg, according AS]	Число яиц фасциолем, в 1 г фекалий [The number of Fasciola sp. eggs, on average, in 1 g of feces]		Освободилось животных от яиц фасциолем после лечения [Freed animals from Fasciola sp. eggs after treatment]	Снижение числа яиц фасциолем в 1 г фекалий, % [Decrease in the number of Fasciola sp. eggs in 1 g of feces, %]	ЭЭ, % [EE, %]
				до лечения [before treatment]	после лечения [after treatment]			
1	Триклафасид [Triclabendazole]	10	1,2	140,2±14,0	1,6±0,2	9	98,9	90,0
2	ТКБ субстанция [TCB substance]	8	1,2	130,9±13,1	94,5±11,8	0	27,8	0

Таблица 3 [Table 3]

Растворимость ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9), полученных в 2018 г., в воде. Погрешность анализа ± 3 %
[Solubility of SD composition TCB : AG (1 : 9) obtained in 2018 in water. Analysis error ± 3%]

Состав образца ТД и условия его получения [The composition of the solid dispersion sample and the conditions for its preparation]	Растворимость в воде, мг/л [Solubility in water, mg/l]	Увеличение растворимости, раз [Increase in solubility, times]
Исходный ТКБ [Parent triclabendazole (TCB)]	1,0	-
ФС*состава ТКБ : АГ (1 : 9) [PM* of composition TCB : AG (1 : 9)]	2,8	3
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 2 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 2 h of machining]	7,6	8
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 4 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 4 h of machining]	17,9	18
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 10 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 10 h of machining]	20,9	21
ТД состава ТКБ : АГ (1 : 9) после 16 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : AG (1 : 9) after 16 h of machining]	27,7	28

Примечание. [Note]. * – физическая смесь (ФС), полученная при механообработке компонентов в ступке в течение 5 мин [physical mixture (PM) obtained by machining the components in a mortar for 5 min]

Таблица 4 [Table 4]

Сохранность ТКБ в ТД с полимерами в воде. Погрешность анализа ± 3 %
[Preservation of TCB in SD with polymers in water. Analysis error ± 3 %]

Состав образца ТД, условия и дата получения [Composition of the SD sample, conditions and date of receipt]	Содержание ТКБ в исходном образце ТД [TCB content in the original SD sample]	Содержание ТКБ в ТД в настоящее время [The content of TCB in SD at the present time]
ТКБ : ПВП (1 : 9), 20 ч, май 2018 [TCB : PVP (1 : 9), 20 h, May 2018]	9,98	9,95
ТКБ : АГ (1 : 9), 16 ч, апрель 2018 [TCB : AG (1 : 9), 16 h, April 2018]	10,50	10,23
ТКБ : NaКМЦ (1 : 2), 4 ч, август 2014 [TCB : NaCMC (1 : 2), 4 h, August 2014]	33,18	33,15
ТКБ : АГ : ПВП (1 : 5 : 5), 6 ч, март 2016 [TCB : AG : PVP (1 : 5 : 5), 6 h, March 2016]	8,98	8,90
ТКБ : АГ : ПВП (1 : 5 : 5), 4 ч, июль 2016 [TCB : AG : PVP (1 : 5 : 5), 4 h, July 2016]	8,95	8,91

ла растворимость ТД, полученных за 6 ч. Это подтверждает выбор оптимального времени механообработки – 6 ч.

Анализ данных таблицы 4 подтверждает химическую стабильность ТКБ в его ТД с различными по природе полимерами, полученных в 2014–2018 гг. Эти результаты позволяют рекомендовать ТД триклабендазола для дальнейшего внедрения в ветеринарную практику.

Учитывая, что субстанция ТКБ считается слабым основанием, нами предприняты попытки получения его солевых форм с янтарной кислотой, являющейся биологически активной молекулой [8, 9]. Включение в

структуру триклафасцида янтарной кислоты (ЯК) привело к увеличению растворимости полученных ТД как с АГ, так и с ПВП (табл. 5), что, возможно, будет способствовать увеличению их биологической активности.

Таблица 5 [Table 5]

Растворимость ТД на основе ТКБ и янтарной кислоты (ЯК) с полимерами
[Solubility of SD based on TCB and succinic acid (SA) with polymers]

Образец [Sample]	Растворимость [Solubility]	
	абсолютная, мг/л [absolute, mg/l]	увеличение, раз [increase, times]
Исходный ТКБ [Parent triclabendazole (TCB)]	1,0	-
ТД состава ТКБ : ЯК : АГ (1 : 1 : 8) после 1 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : AG (1 : 1 : 8) after 1 h of machining]	17,8	18
ТД состава ТКБ : ЯК : АГ (1 : 1 : 8) после 3 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : AG (1 : 1 : 8) after 3 h of machining]	33,3	33
ТД состава ТКБ : ЯК : АГ (1 : 1 : 8) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : AG (1 : 1 : 8) after 6 h of machining]	59,3	59
ТД состава ТКБ : ЯК : ПВП (1 : 1 : 8) после 1 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : PVP (1 : 1 : 8) after 1 h of machining]	22,1	22
ТД состава ТКБ : ЯК : ПВП (1 : 1 : 8) после 3 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : PVP (1 : 1 : 8) after 3 h of machining]	53,2	53
ТД состава ТКБ : ЯК : ПВП (1 : 1 : 8) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : PVP (1 : 1 : 8) after 6 h of machining]	70,0	70
ТД состава ТКБ : ЯК : ПВП (1 : 1 : 8) после 6 ч м/о [Solid dispersion of composition TCB : SA : PVP (1 : 1 : 8) after 6 h of machining]	70,0	70

Заключение

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

1. Для увеличения растворимости ТКБ успешно использована технология его механохимической модификации с различными полимерами и при этом достигнуто увеличение растворимости до 34 раз.
2. Увеличение растворимости ТКБ в его ТД с полимерами зависит от природы полимеров и условий механообработки (времени обработки).
3. Подтверждено предположение о взаимосвязи растворимости лекарственных субстанций и их биологической активности.
4. Полученные по механохимической технологии ТД ТКБ с полимерами химически стабильны.
5. Показана перспективность механохимической технологии для получения эффективных препаратов на основе субстанции триклабендазола, янтарной кислоты и полимеров.

Список источников

1. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применение. М.: РАСХН, 2009. 408 с.
2. *Халиков С. С., Душкин А. В.* О методах улучшения растворимости антигельминтных лекарственных веществ // Химико-фармацевтический журнал. 2020. Т. 54, № 5. С. 33-37. doi: 10.30906/0023-1134-2020-54-5-33-37
3. *Мусаев М. Б., Халиков М. С., Архипов И. А., Халиков С. С.* Отечественный препарат триклафасцид для лечения животных при фасциолёзе // Материалы докладов научной конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». 2018. Вып. 19. С. 308-311.
4. *Мусаев М. Б., Шумакович И. Е., Халиков М. С., Миленина М. В.* Определение субстанции триклабендазола в супрамолекулярном комплексе «Триклафасцид» // Материалы докладов научной конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». 2018. Вып. 19. С. 311-314.
5. *Selyutina O. Yu., Apanasenko I. E., Kim A. V., Shelepova E. A., Khalikov S. S., Polyakov N. E.* Spectroscopic and molecular dynamics characterization of glycyrrhizin membrane-modifying activity. *Colloids Surf. B.* 2016; 1 (147): 459-466. doi: 10.1016/j.colsurfb.2016.08.037.

6. Selyutina O. Yu., Apanasenko I. E., Shilov A. G., Khalikov S. S., Polyakov N. E. Effect of natural polysaccharides and oligosaccharides on the cell membrane permeability. *Rus. Chem. Bull.* 2017; 1: 129-135. doi: 10.1007/s11172-017-1710-2.
7. Meteleva E. S., Chistyachenko Yu. S., Suntsova L. P., Tsyganov M. A., Vishnivetskaya G. B., Avgustinovich D. F., Khvostov M. V., Polyakov N. E., Tolstikova T. G., Mordvinov V. A., Dushkin A. V., Lyakhov N. Z. Physicochemical Properties and Anti-Opisthorchosis Effect of Mechanochemically Synthesized Solid Compositions of Praziquantel with Glycyrrhizic Acid Disodium Salt. *Doklady Biochemistry and Biophysics.* 2018; 481 (1): 228–231. doi: 10.1134/S1607672918040142.
8. Янтарная кислота в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве / под ред. М. Н. Кондрашовой, Ю. Г. Каминского, Е. И. Маевской. Пущино: ОНТИРАМН, 1996.
9. Лебедев А. Ф., Швец О. М., Евглевский А. А., Евглевская Е. П., Епифанов А. В., Попов В. С., Ермилов И. В., Тарасов В. Ю., Кудряшова Ж. А., Щепихин С. Ю., Колмицкий С. М. Разработка и применение препаратов на основе янтарной кислоты // *Ветеринария.* 2009. № 3. С. 48-51.

Статья поступила в редакцию 20.12.2022; принята к публикации 10.02.2023

Об авторе:

Халиков Марат Салаватович, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, ORCID ID: 0000-0002-1768-5048, marat.xalikov.88@bk.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

1. Arkhipov I. A. Anthelmintics: pharmacology and application. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2009; 406. (In Russ.)
2. Khalikov S. S., Dushkin A. V. Strategies for Solubility Enhancement of Anthelmintics (Review). *Khimiko-Farmaceutichesky Zhurnal = Pharmaceutical Chemistry Journal.* 2020; 54 (5): 504-508. doi: 10.1007/s11094-020-02229-4 (In Russ.)
3. Musaev M. B., Khalikov M. S., Arkhipov I. A., Khalikov S. S. Native drug Triclabendazole for treatment of animals infected with *Fasciola hepatica*. *Materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami» = Materials of reports of the scientific conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the Russian Academy of Sciences "Theory and practice of parasitic disease control"*. 2018; 19: 308–311. (In Russ.)
4. Musaev M. B., Shumakov I. E., Khalikov M. S., Milenina M. V. The Determination of Triclabendazole substance in supramolecular complex "Triclabendazole". *Materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami» = Materials of reports of the scientific conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the Russian Academy of Sciences "Theory and practice of parasitic disease control"*. 2018; 19: 311–314. (In Russ.)
5. Selyutina O. Yu., Apanasenko I. E., Kim A. V., Shelepova E. A., Khalikov S. S., Polyakov N. E. Spectroscopic and molecular dynamics characterization of glycyrrhizin membrane-modifying activity. *Colloids Surf., B.* 2016; 1 (147): 459-466. doi: 10.1016/j.colsurfb.2016.08.037.
6. Selyutina O. Yu., Apanasenko I. E., Shilov A. G., Khalikov S. S., Polyakov N. E. Effect of natural polysaccharides and oligosaccharides on the cell membrane permeability. *Rus. Chem. Bull.* 2017; 1: 129-135. doi: 10.1007/s11172-017-1710-2.
7. Meteleva E. S., Chistyachenko Yu. S., Suntsova L. P., Tsyganov M. A., Vishnivetskaya G. B., Avgustinovich D. F., Khvostov M. V., Polyakov N. E., Tolstikova T. G., Mordvinov V. A., Dushkin A. V., Lyakhov N. Z. Physicochemical Properties and Anti-Opisthorchosis Effect of Mechanochemically Synthesized Solid Compositions of Praziquantel with Glycyrrhizic Acid Disodium Salt. *Doklady Biochemistry and Biophysics.* 2018; 481 (1): 228–231. doi: 10.1134/S1607672918040142.
8. Succinic acid in medicine, food industry, agriculture / Under the editorship of M. N. Kondrashova, Yu. G. Kaminsky, E. I. Mayevsky. Pushchino: ONTI RAMN. Department of Scientific Technical information of Russian Academy of Medical Sciences, 1996. (In Russ.)
9. Lebedev A. F., Shvets O. M., Evglevsky A. A., Evglevskaya E. P., Epifanov A. V., Popov B. C., Ermilov I. V., Tarasov V. Yu., Kudryashova Zh. A., Schepikhin S. Yu., Kolomiitsev S. M. Development and application of drugs based on succinic acid. *Veterinariya = Veterinary Medicine.* 2009; 3: 48-51. (In Russ.)

The article was submitted 20.12.2022; accepted for publication 10.02.2023

About the author:

Khalikov Marat S., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-1768-5048, marat.xalikov.88@bk.ru

The author read and approved the final version of the manuscript.



Губанов Николай Михайлович

(годы жизни 04.02.1923–16.12.1974)

Губанов Николай Михайлович родился 4 февраля 1923 года в г. Макарьев Костромской области. С 1941 по 1943 гг. воевал в должности командира артиллерийского взвода на разных фронтах.

В 1945 г. поступил на естественный факультет Горьковского Педагогического института по специальности «биолог-химик», где во время учебы увлекся исследованиями в области паразитологии.

Становление Губанова Николая Михайловича как ученого проходило в стенах Горьковского пединститута под руководством доктора биологических наук А. А. Соболева, основателя горьковской школы гельминтологов К. И. Скрябина. После окончания учебы, в 1949 г. Н. М. Губанов остался работать на кафедре института в качестве ассистента и одновременно поступил в аспирантуру, которую закончил в 1952 г. и защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук на тему «Гельминтофауна промысловых животных Охотского моря и Тихого океана».

С 1954 г. и до конца жизни (1974 г.) работал старшим научным сотрудником сектора зоологии Института биологии ЯНЦ СО РАН.

Научная деятельность его была связана с севером, в частности с Якутией. Основное направление его исследований – фауна, систематика, экология и зоогеография паразитических червей позвоночных, главным образом, млекопитающих, птиц и рыб. Н. М. Губанов участник Союзных Гельминтологических Экспедиций на территории Якутии, проводимых под руководством акад. К. И. Скрябина, и соавтор двух монографий: Гельминты птиц Якутии и сопредельных территорий; Гельминтофауна промысловых млекопитающих Якутии. В последней приводятся данные о зараженности 30 видов животных, затрагиваются экологические аспекты зараженности, зависимость от пола, возраста, сезона и места обитания.

Н. М. Губанов – специалист в области гельминтологии рыб, птиц и млекопитающих. Им описано 17 новых для науки видов, обосновано подсемейство трематод *Liliatrematinae*, расшифрованы жизненные циклы отдельных видов гельминтов сельскохозяйственных и промысловых животных Якутии. У исследованных им животных выявлены такие заболевания, как дифиллоботриоз, тениоз, эхинококкоз, трихинеллез.

Н. М. Губанов автор и соавтор более 60 научных работ, в том числе монографий, по численности зайца-беляка в Якутии, обнаружении нового вида филярий *Dirofilaria timidi* sp. nov от зайца-беляка Якутии, по гельминтофауне рыб бассейнов рек Колымы и Яны, по гельминтофауне мышевидных грызунов Якутии.

Николай Михайлович Губанов до конца своей жизни интересовался научно-исследовательской работой, современными проблемами общей и прикладной паразитологии. По отзывам коллег и друзей ему были присущи такие качества как особое личностное обаяние, простота общения, доброта и отзывчивость.

Однокурцев Валерий Алексеевич,
канд. биол. наук, ст.н.с. лаборатории
экосистемных исследований
холодных регионов Института
биологических проблем криолитозоны
СО РАН (г. Якутск, ул. Пр. Ленина, 41)

ISSN 1998-8435



9 771998 843009