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: 10.31016/1998-8435-2022-16-1

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

Том 16
Выпуск 1'2022

РОССИЙСКИЙ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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: 10.31016/1998-8435-2022-16-1

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

Vol. 16
Issue 1'2022

RUSSIAN JOURNAL OF PARASITOLOGY

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: http://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

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

http://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 № 1-001-2/2022. Свободная цена.

Формат: 70 x 108 1/16. Усл. печ. л. 10,75.

Подписано в печать: 01.03.2022

Электронная версия журнала:
http://www.vniigis.ru, http://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, 2022

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, 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)

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

НАЧЕВА Любовь Васильевна, доктор биологических наук, профессор, Кемеровская государственная медицинская академия; 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)

ЯКУБОВСКИЙ Мирослав Викторович, доктор ветеринарных наук, профессор, Институт ветеринарной медицины им. С.Н. Вышелесского; bievm@tut.by (Минск, Республика Беларусь)

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

CABAI 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; marianasp@abv.bg (София, Болгария)

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

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

Все статьи журнала «**Российский паразитологический журнал**» находятся в открытом доступе – на сайте издания (http://www.vniigis.ru), в Научной электронной библиотеке (http://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 соответствие 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. **Публикация в журнале для авторов бесплатна**. **Редакция не взимает плату с авторов за подготовку, размещение и печать материалов**.

Общие правила публикации (подробнее см. http://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. http://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskiy-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:

http://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskiy-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 Federatcii].

All articles of the journal are publicly available – on the websites of the journal and the **Scientific Electronic Library** (http://elibrary.ru). The journal is included in the **Russian Science Citation Index** (RSCI: see **http://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.

http://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 01, 2022

Scientific electronic library: http://www.elibrary.ru

Online: http://www.vniigis.ru

Sheet size 70x108 1/16. Conventional printed sheets 10.75.

Order No. 1-001-2/2022. 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", 2022

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.
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 ofVeterinary 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 Academy; SCOPUS ID: 6506186615; nacheva.48@mail.ru (Kemerovo, Russian Federation)

Vasiliy 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. Martsynovsky Institute of Medical Parasitology and Tropical Medicine at I.M.Sechenov Moscow Medical Academy; SCOPUS ID: 7004845265, Researcher ID: U-5520-2017; v.sergiev@yandex.ru (Moscow, Russian Federation)

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

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

Miroslav V. YAKUBOVSKY, doctor of veterinary sciences, professor, S.N. Vyshelessky Institute of Experimental Veterinary Medicine; bievm@tut.by (Minsk, Belorussia)

Ilia 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 (http://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. **The publication in the journal for authors is free**. The editorial board does not charge authors for preparation, placement and printing of materials..

General Publishing Rules (http://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. http://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:

http://www.vniigis.ru/izdaniya/rossiyskiy-parazitologicheskiy-zhurnal

ISSN 1998-8435 (Print)

ISSN 2541-7843 (Online)

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФАУНА, МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ПАРАЗИТОВ

Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Мутуев С. Ш.
Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец на пастбищах разных экологических типов равнинного Дагестана 11

Панова О. А., Хрусталев А. В., Порфирьева Л. Ю.
Обзор легочных нематодозов домашних кошек с описанием первого случая элюростронгилеза у кошки на территории России 17

Полаз С. В.
Гельминты диких копытных, обитающих в разных районах Беларуси 33

ОБЗОРЫ

Малютина Т. А., Воронин М. В.
FMRFамид-подобные нейропептиды – модуляторы локомоторных реакций у растительных цистообразующих паразитических нематод 50

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ПАРАЗИТОВ

Жданова О. Б., Окулова И. И., Успенский А. В., Написанова Л. А.
Морфофункциональные особенности личинок трихинелл у медведей и барсуков Кировской области 63

Толоконников В. П., Марченко В. В., Михайленко В. В., Соколова В. С.
Морфологические адаптации и трофические связи преимагинальных стадий *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Структурно-функциональная организация паразитарной системы при вольфартиозе овец 70

Хусанов А. К., Джураев М. Ш., Абдукадирова З. С.
Особенности географической и сезонной изменчивости в развитии тлей (Homoptera, Aphidinea) 85

ЭПИЗООТОЛОГИЯ, ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ПАРАЗИТАРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Зубаирова М. М., Атаев А. М., Карсаков Н. Т., Ахмедов М. А.
Смешанные стронгилятозы пищеварительного тракта, аноплоцефалятозы овец в разрезе вертикальной поясности Дагестана 93

Сафаров А. А., Акрамова Ф. Д., Азимов Д. А.
Нематоды рода Dirofilaria Railliet et Henry, 1911 – паразиты хищных млекопитающих Узбекистана: особенности распространения и экологии 101

ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ

Варламова А. И., Емельянова Н. Б., Архипов И. А.,
Новик Т. С., Курочкина К. Г., Абрамов В. Е.
Оценка влияния супрамолекулярного комплекса фенбендазола на эмбриональное развитие 112

ЛЕЧЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА

Егоров С. В., Крючкова Е. Н., Абалихин Б. Г., Соколов Е. А.
Роль зоофильных мух в распространении зоонозов в скотоводческих хозяйствах Ивановской области и меры борьбы с ними 119

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Сафронов М. Г. К 105-летию со дня рождения 125

CONTENTS

FAUNA, MORPHOLOGY AND SYSTEMATICS OF PARASITES

Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Mutuev S. Sh.
Biodiversity of gastrointestinal strongylates in sheep on pastures of different ecological types in lowland Dagestan 11

Panova O. A., Khrustalev A. V., Porfiryeva L. Y.
Review of pulmonary nematodoses of domestic cats with description of the first case of aelurostrongylosis in a cat in Russia 17

Polaz S. V.
Helminths of wild ungulates living in different regions of Belarus 33

REVIEWS

Malyutina T. A., Voronin M. V.
FMRFamid-like neuropeptides as modulators of locomotory reactions in plant parasitic cyst nematodes 50

ECOLOGY AND BIOLOGY OF PARASITES

Zhdanova O. B., Okulova I. I., Uspensky A. V., Napisanova L. A.
Morphological and functional characteristics of Trichinella sp. larvae in bears and badgers in the Kirov Region 63

Tolokonnikov V. P., Marchenko V. V., Mikhailenko V. V., Sokolova V. S.
Morphological adaptations and food chains of preimaginal stages of *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Structure functional organization of the parasitic system in wolfarthiosis of sheep 70

Khusanov A. K., Juraev M. Sh., Abdukadirova Z. S.
Geographical and seasonal variability in the development of aphids (Homoptera, Aphidinea) 85

EPIZOOTOLOGY, EPIDEMIOLOGY AND MONITORING OF PARASITIC DISEASES

Zubairova M. M., Atayev A. M., Karsakov N. T., Akhmedov M. A.
Mixed gastrointestinal strongylatosis and anoplocephalatosis of sheep in the context of the vertical zonality of Dagestan 93

Safarov A. A., Akramova F. D., Azimov D. A.
Nematodes of the genus Dirofilaria Railliet et Henry, 1911, parasites of carnivorous mammals in Uzbekistan: spread and ecology 101

PHARMACOLOGY, TOXICOLOGY

Varlamova A. I., Emelyanova N. B., Arkhipov I. A., Novik T. S., Kurochkina K. G., Abramov V. E.
Evaluation of supramolecular complex of fenbendazole effect on embryonic development 112

TREATMENT AND PREVENTION

Egorov S. V., Kryuchkova E. N., Abalikhin B. G., Sokolov E. A.
The role of zoophilous flies in the spread of zoonoses in cattle-breeding farms of the Ivanovo region and measures to combat them 119

IN MEMORY OF A SCIENTIST

Safronov M. G. On the occasion of the 105th anniversary of his birth 125

Научная статья

УДК 619:616.995.1

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-11-16

Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец на пастбищах разных экологических типов равнинного Дагестана

Агай Мухтарович Атаев [1], Мадина Магомедовна Зубаирова [2], Надырсолтан Тавсултанович Карсаков [3], Сиражитин Шихимович Мутуев [4]

[1, 2, 4] Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова, Махачкала, Россия

[3] Республиканская ветеринарная лаборатория, Махачкала, Россия

[1] zubairowa@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5499-9361

[2] zubairowa@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4543-7778

[3] dagrvl45@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-1789-1845

[4] sirazhitin@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-3490-6906

Аннотация

Цель исследований: изучить биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец, выпасающихся на пастбищах равнинного Дагестана разного экологического типа.

Материалы и методы. В 2004–2020 гг. исследовано биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец на низинных увлажненных, степных, солончаковых, полупустынных, кустарниковых пастбищах равнинного Дагестана. Всего вскрыто 360 комплектов желудочно-кишечного тракта и исследовано 500 проб фекалий овец. Исследования проведены во все сезоны года по возрастным группам – ягнята, молодняк от одного до двух лет и овцы от трех лет и старше. В работе использованы методы полного гельминтологического вскрытия по К. И. Скрябину, последовательного промывания, флотации с насыщенным раствором аммиачной селитры по Г. А. Котельникову, В. М. Хренову и культивирования личинок в термостате.

Результаты и обсуждение. Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец в равнинном Дагестане представлено 31 видом, в том числе рода Chabertia – 1, Bunostomum – 2, Oesophagostomum – 3, Trichostrongylus – 5, Ostertagia – 6, Maramastrongylus – 1, Marschallagia – 2, Haemonchus – 1, Cooperia – 3, Nematodirus – 7. Экстенсивность инвазии (ЭИ) овец стронгилятами составила 100% при интенсивности инвазии (ИИ) 1–3860 экз. ЭИ отдельными видами варьирует: 1,6% *M. schikobalovi*, 44,1% *B. trigonocephalum* при ИИ 1 экз. – *O. columbianum* и 3860 экз. – *H. contortus*. В биоразнообразии по экстенсивности инвазии доминируют *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. spathiger*. Показатели ЭИ 1,6–10,0% и ИИ 1–23 экз. зарегистрированы у *B. phlebotomum*, у видов *Oesophagostomum, Ostertagia, Maramastrongylus, Marschallagia, Cooperia, N. oiratianus, N. abnormalis, N. dogeli, N. andreevi.* Богатое видовое разнообразие и высокие показатели экстенсивности (17,5–44,1%) и интенсивности инвазии (1–3860 экз.) отмечены у стронгилят на низинных увлажненных, равнинных степных пастбищах.

Ключевые слова: биоразнообразие, стронгилята, овцы, пищеварительный тракт, инвазия, экстенсивность, интенсивность, равнина, пастбища, Дагестан

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Мутуев С. Ш.* Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец на пастбищах разных экологических типов равнинного Дагестана // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 11–16.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-11-16

© Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Мутуев С. Ш., 2022

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 gastrointestinal strongylates in sheep on pastures of different ecological types in lowland Dagestan

Agay M. Atayev [1], Madina M. Zubairova [2], Nadyrsoltan T. Karsakov [3], Sirazhitin Sh. Mutuev [4]

[1, 2, 4] Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia

[3] Republican Veterinary Laboratory, Makhachkala, Russia

[1] zubairowa@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5499-9361

[2] zubairowa@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4543-7778

[3] dagrvl45@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-1789-1845

[4] sirazhitin@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-3490-6906

Abstract

The purpose of the research is to study biodiversity of gastrointestinal strongylates in sheep grazing on pastures of different ecological types in lowland Dagestan.

Materials and methods. In 2004–2020, biodiversity was studied of gastrointestinal strongylates in sheep on lowland wet, steppe, saline, semi-desert, and shrub pastures in lowland Dagestan. In total, 360 collections of gastrointestinal tract were dissected and 500 fecal samples from sheep were examined. The studies were performed in all seasons by age groups: lambs, young animals from one to two years old and sheep from three years old and older. The work used methods of complete helminthological dissection according to K. I. Skrjabin, sequential washing, flotation with a saturated ammonium nitrate solution according to G. A. Kotelnikov and V. M. Khrenov, and larvae cultivation in a thermostat.

Results and discussion. The biodiversity of gastrointestinal strongylates in sheep in lowland Dagestan was represented by 31 species, including the genus Chabertia, 1 species, 2 genus Bunostomum species, 3 genus Oesophagostomum species, 5 genus Trichostrongylus species, 6 genus Ostertagia species, 1 genus Maramastrongylus species, 2 genus Marschallagia species, 1 genus Haemonchus species, 3 genus Cooperia species, and 7 genus Nematodirus species. The Strongylata prevalence (the IP) in sheep was 100% with the infection intensity (the II) of 1–3860 parasites. The prevalence of infection with individual species varied as follows: 1.6% with *M. schikobalovi*, 44.1% with *B. trigonocephalum* with the II of 1 specimen of *O. columbianum* and 3860 specimens of *H. contortus*. The biodiversity was dominated by *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus* and *N. spathiger* in terms of the prevalence. The IP of 1.6–10.0% and the II of 1–23 specimens were recorded in *B. phlebotomum*, and in species *Oesophagostomum, Ostertagia, Maramastrongylus, Marschallagia, Cooperia, N. oiratianus, N. abnormalis, N. dogeli* and *N. andreevi*. Rich species diversity and high rates of the prevalence (17.5–44.1%) and intensity of infection (1–3860 specimens) were observed in strongylates on lowland wet and plain steppe pastures.

Keywords: biodiversity, strongylate, sheep, digestive tract, infection, prevalence, intensity, plain, pastures, Dagestan

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

There is no conflict of interests

For citation: Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Mutuev S. Sh. Biodiversity of gastrointestinal strongylates in sheep on pastures of different ecological types in lowland Dagestan. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022;16(1):11–16. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-11-16

© Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Mutuev S. Sh., 2022

Введение

Стронгилята – одна из наиболее широко распространённых групп по разнообразию, показателям экстенсивности и интенсивности инвазии, эпизоотологическому значению среди гельминтов на юго-востоке Северного Дагестана. Подотряд Стронгилята насчитывает более 220 родов; на Северном Кавказе у овец зарегистрирован 31 вид нематод этой группы [1–5, 7, 8]. Овцы инвазированы стронгилята-

ми пищеварительного тракта во все сезоны года, хотя их заражение в регионе происходит со второй половины весны до первой декады ноября. Зараженность овец стронгилятами пищеварительного тракта регистрируют в регионе среди всех возрастных групп, причем ягнята заражаются инвазионными личинками стронгилят с первой половины мая, когда они находятся на подножном корме на пастбищах.

Овцы в условиях юго-востока Северного Кавказа интенсивно заражаются стронгилятами пищеварительного тракта в мае, июне, во второй половине августа, сентябре, октябре. Зараженность овец стронгилятами пищеварительного тракта в равнинном поясе снижается в июле, августе из-за засухи и зноя (до 45 °С). Стронгилята в экзогенной стадии развиваются в биотопах пастбищ, около водоисточников. Личинки стронгилят формируются и покидают яйцо при оптимальных условиях температуры 16-32 °С и влажности в течение 8–12 сут [2–4]. В последующем, они дважды линяют и становятся инвазионными. Последние достаточно устойчивы к отрицательным факторам среды в условиях юго-востока Северного Кавказа, частично перезимовывают, соответственно, обеспечивают заражение овец весной следующего года.

Целью нашей работы было изучение биоразнообразия стронгилят пищеварительного тракта овец на экологически разных типах пастбищ равнинного Дагестана.

Материалы и методы

В 2004–2020 гг. исследования проведены на разных типах экологических пастбищ в равнинном Дагестане – низинных увлажненных, степных, солончаках, полупустыни, кустарниковых. Исследовано 360 комплектов желудочно-кишечного тракта и исследовано 500 проб фекалий овец – ягнят, молодняка от одного года до двух лет, животных старше трех лет. Работу проводили во все сезоны года. Буностом, хабертий, гемонхусов дифференцировали до рода при выявлении в смывах. Из каждой партии проб фекалий часть материала личинок культивировали в термостате и дифференцировали их до рода по числу, форме, расположению кишечных клеток по Е. Е. Шумаковичу [9].

В работе использованы методы полного гельминтологического вскрытия по К. И. Скрябину, последовательного промывания фекалий, флотации с насыщенным раствором аммиачной селитры по Г. А. Котельникову, В. М. Хренову [6] и культивирования личинок в термостате.

Результаты и обсуждение

Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта овец в равнинном Дагестане представлено 31 видом (табл.), в том числе из рода Chabertia – 1, Bunostomum – 2, Oesophagostomum – 3, Trichostrongylus – 5, Ostertagia – 6, Maramastrongylus – 1, Marschallagia – 2, Haemonchus – 1, Cooperia – 3, Nematodirus – 7.

Экстенсивность инвазии (ЭИ) 17,5–44,1% и интенсивность инвазии (ИИ) 8–3860 экз. установлены у *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. spathiger*. Овцы заражены указанными видами ежегодно с высокими показателями экстенсивности и интенсивности инвазии. Эти нозологические структуры стронгилят пищеварительного тракта в биоразнообразии являются доминирующими. Низкие показатели ЭИ (1,6–10,0%) и ИИ (1–23 экз.) отмечены у *B. phlebotomum, N. oiratianus, N. abnormalis, N. dogeli, N. andreevi*, у видов родов Oesophagostomum, Ostertagia, Maramastrongylus, Marschallagia, Cooperia.

В биоразнообразии стронгилят пищеварительного тракта высокие показатели ЭИ (17,5–44,1%) и ИИ (8–3860 экз.) отмечены на низинных увлажнённых угодьях междуречья рек Сулака, Терека, Таловки и Кумы. Самые высокие показатели ЭИ (21,6–44,1%) и ИИ (39–3860 экз.) зарегистрированы *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. spathiger.*

На степных пастбищах количественные и качественные показатели зараженности овец стронгилятами пищеварительного тракта снижаются. Овцы на степных пастбищах заражены отмеченными выше доминирующими видами на 17,5–25,8% при ИИ 28–268 экз.

Ограниченно инвазированы овцы стронгилятами пищеварительного тракта на солончаковых, полупустынных пастбищах. Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта представлено здесь *Ch. ovina,*

Таблица [Table]

Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец, выпасающихся на пастбищах разного типа в условиях равнинного Дагестана

[Biodiversity of gastro-intestinal strongylates in sheep grazing on pastures of various types in the conditions of flat Dagestan]

№ n/n	Вид стронгилят [Specie of strongylates]	Заражено [Infected]		ИИ, экз./гол. [II, sp.]
		овец [sheep]	%	
1.	*Chabertia ovina* (Fabricius, 1788)	111	30,8	37-141
2.	*Bunostomum trigonocephalum* (Rud., 1808)	159	44,1	38-208
3.	*B. phlebotomum* (Railliet, 1900)	36	10,0	3-22
4.	*Oesophagostomum radiatum* (Rud., 1803)	30	8,3	8-19
5.	*Oe. venulosum* (Rud., 1809)	30	8,3	2-7
6.	*Oe. columbianum* (Curtice, 1890)	37	7,5	1-3
7.	*Trichostrongylus axei* (Cobbold, 1879)	132	36,6	41-768
8.	*T. capricola* Ransom, 1907	93	25,8	7-106
9.	*T. colubriformis* (Giles, 1829)	78	21,6	19-26
10.	*T. skrjabini* Kalantarjan, 1928	81	28,3	6-8
11.	*T. vitrinus* Looss, 1905	123	34,1	41-219
12.	*Ostertigia ostertagi* (Stiles, 1892)	30	8,3	9-18
13.	*O. circumcincta* (Stadelman, 1894)	30	8,3	7-16
14.	*O. occidentalis* Ransom, 1907	27	7,5	12-20
15.	*O. leptospicularis* Assadov, 1953	12	3,3	2-8
16.	*O. antipini* Matschulsky, 1950	15	4,1	3-8
17.	*O. trifurcata* Ransom, 1907	12	3,3	3-6
18.	*Maramostrongylus daghestanica* Altaev, 1952	9	2,5	5-9
19.	*Marshallagia marshalli* (Ransom, 1907)	8	6,6	4-10
20.	*M. schikhobalovi* Altaev, 1952	6	1,6	3-6
21.	*Haemonchus contortus* (Rud., 1803)	132	36,6	186-3860
22.	*Cooperia oncophora* (Railliet, 1898)	30	8,3	6-18
23.	*C. punctata* (Linstow, 1906)	30	8,3	8-10
24.	*C. zurnabada* Antipin, 1931	27	7,5	3-12
25.	*Nematodirus filicollis* (Rud., 1802)	120	33,3	72-216
26.	*N. helvetianus* May, 1920	63	17,5	28-56
27.	*N. oiratianus* Rajevskaja, 1929	30	8,3	6-23
28.	*N. abnormalis* May, 1920	27	7,5	3-8
29.	*N. spathiger* (Railliet, 1896)	132	36,6	17-440
30.	*N. dogeli* Sokolova, 1948	12	3,3	3-9
31.	*N. andreevi* Popova, 1952	15	4,1	3-6

B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. spathiger (ЭИ 8,3–17,5%, ИИ 7–22 экз.).

Пастбища на кустарниковых территориях со второй половины весны до второй половины осени не используют под выпас овец из-за обилия на них биотопов иксодовых клещей, особенно, родов Rhipicephalus, Haemaphysalis, Dermacentor, Boophilus – переносчиков бабезиидозов. Под выпас овец их используют со второй половины осени, зимой и в первой половине весны, когда клещи находятся в состоянии зимнего покоя. Овцы на кустарниковых угодьях равнинного пояса ограничено заражены стронгилятами пищеварительного тракта. Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта овец на кустарниковых пастбищах представлено *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. spathiger* (ЭИ 5,8–11,0%, ИИ 5–14 экз.).

Заключение

Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта овец на разных типах пастбищ равнинного пояса Дагестана представлено 31 видом (ЭИ 1,6–44,1%, ИИ 1–3860 экз.). Богатое видовое разнообразие (31 вид), высокие показатели ЭИ (21,6–44,1%) и ИИ (39–3860 экз.) отмечены у овец на низинных увлажненных угодьях. На степных пастбищах овцы инвазированы также 31 видом стронгилят пищеварительного тракта, однако показатели зараженности ниже (ЭИ 17,5–25,8%, ИИ 28–268 экз.). Ограничено заражены овцы стронгилятами пищеварительного тракта на солончаковых и полупустынных пастбищах (ЭИ 8,3–17,5%, ИИ 7–22 экз.). На кустарниковых пастбищах овцы заражены *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. spathiger* (ЭИ 5,8–11,0%, ИИ 5–14 экз.).

Список источников

1. *Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Газимагомедов М.Г., Кочкарев А. Б.* Влияние экологических факторов на биоразнообразие и популяционную структуру гельминтов домашних жвачных животных на юго-востоке Северного Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 2. С. 84-94.
2. *Атаев А. М., Зубаирова М. М., Джамбулатов З. М., Карсаков Н. Т.* Болезни овец. М.: Колос, 2022. 243 с.
3. *Атаев А.М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Джамбулатов З. М.* Паразитарные болезни животных. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 304 с.
4. *Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Ахмедов М. А.* Смешанные инвазии стронгилят пищеварительного тракта овец в равнинном Дагестане // «Современные тенденции и успехи в борьбе с зооантропонозами сельскохозяйственных животных и птиц»: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2020. С. 54-58.
5. *Колесников В. И.* Эпизоотический процесс при стронгилятозах овец, меры борьбы и профилактика: монография. Ставрополь, 1995. 64 с.
6. *Котельников Г. А., Хренов В. М.* Методические рекомендации по диагностике наиболее распространенных гельминтозов сельскохозяйственных животных. М., 1980. 34 с.
7. *Попов М. А.* Ассоциации стронгилят овец и коз, вызываемые ими заболевания в специализированных хозяйствах Северного Кавказа и Нижнего Поволжья, меры борьбы: автореф. дис. … д-ра вет. наук. М., 1988. 32 с.
8. *Пустовой И. Ф.* Стронгилятозы пищеварительного тракта овец в Таджикской АССР: автореф. дис. … д-ра вет. н. М., 1970. 39 с.
9. *Шумакович Е. Е.* Гельминтозы жвачных животных. М.: Колос, 1968. С. 98-125.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; принята к публикации 25.01.2022

Об авторах:

Атаев Агай Мухтарович, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180), Махачкала, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-5499-9361, zubairowa@mail.ru

Зубаирова Мадина Магомедовна, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180), Махачкала, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-4543-7778, zubairowa@mail.ru

Карсаков Надырсолтан Тавсултанович, Республиканская ветеринарная лаборатория (367020, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 88), Махачкала, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0002-1789-1845, dagrvl45@mail.ru

Мутуев Сиражитин Шихимович, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180), Махачкала, Россия, sirazhitin@mail.ru

Вклад соавторов:

Атаев Агай Мухтарович – сбор материала, дифференциация стронгилят пищеварительного тракта до вида, оформление статьи.

Зубаирова Мадина Магомедовна – сбор и дифференциация видов стронгилят пищеварительного тракта, литературное оформление материала.

Карсаков Надырсолтан Тавсултанович – сбор материала, компьютерная обработка стронгилят пищеварительного тракта.

Мутуев Сиражитин Шихимович – изучение личинок стронгилят пищеварительного тракта до рода, подбор источников литературы для анализа.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Gazimagomedov M. G., Kochkarev A. B. Influence of environmental factors on biodiversity and population structure of helminths in domestic ruminants in the southeast of the North Caucasus. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, and development.* 2016; 11(2): 84-94. (In Russ.)
2. Atayev A. M., Zubairova M. M., Dzhambulatov Z. M., Karsakov N. T. Diseases of sheep. Moscow, Kolos, 2022; 243. (In Russ.)
3. Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Dzhambulatov Z. M. Parasitic diseases of animals. St. Petersburg: Lan', 2022; 304. (In Russ.)
4. Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Akhmedov M. A. Mixed infections of gastrointestinal strongylates in sheep in lowland Dagestan. *«Sovremennyye tendentsii i uspekhi v bor'be s zooantroponozami sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits»: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = "Modern trends and success in the control of zooanthroponoses of agricultural animals and poultry": collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference.* Makhachkala, 2020; 54-58. (In Russ.)
5. Kolesnikov V. I. Epizootic process in strongylatoses of sheep, control measures and prevention: monograph. Stavropol, 1995; 64. (In Russ.)
6. Kotelnikov G. A., Khrenov V. M. Guidelines for diagnosis of the most common helminth infections of live-stock animals. Moscow, 1980; 34. (In Russ.)
7. Popov M. A. Associations of strongylates in sheep and goats, diseases caused by them on specialized farms in the North Caucasus and the Lower Volga Region, control measures: autoref. dis. … Dr. Sc. Vet. Moscow, 1988; 32. (In Russ.)
8. Pustovoi I. F. Gastrointestinal strongylatoses of sheep in the Tajik ASSR: autoref. dis. … Dr. Sc. Vet. Moscow, 1970; 39. (In Russ.)
9. Shumakovich E. E. Helminthoses of ruminants. Moscow, Kolos, 1968; 98-125. (In Russ.)

The article was submitted 12.01.2022; accepted for publication 25.01.2022

About the authors:

Agay M. Atayev, Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov (180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032), Makhachkala, Russia, Doctor of Veterinary Science, Professor, ORCID ID: 0000-0002-5499-9361, zubairowa@mail.ru

Madina M. Zubairova, Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov (180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032), Makhachkala, Russia, Doctor of Biological Science, ORCID ID: 0000-0003-4543-7778, zubairowa@mail.ru

Nadyrsoltan T. Karsakov, Republican Veterinary Laboratory (88, Dakhadaeva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367020), Makhachkala, Russia, Doctor of Veterinary Science, ORCID ID: 0000-0002-1789-1845, dagrvl45@mail.ru

Sirazhitin Sh. Mutuev, Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov (180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032, Rossia), Makhachkala, Russia, sirazhitin@mail.ru

Contribution of co-authors:

Agay M. Atayev – material collection, differentiation of gastrointestinal strongylates to the species, design of the article.

Madina M. Zubairova – gastrointestinal strongylate species collection and differentiation, literature design of the material.

Nadyrsoltan T. Karsakov – material collection, computer processing of gastrointestinal strongylates.

Sirazhitin Sh. Mutuev – study of gastrointestinal strongylate larvae to the genus, selection of literature sources for analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 576.89, 576.895.132; 619:576.89

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-17-32

Обзор легочных нематодозов домашних кошек с описанием первого случая элюростронгилеза у кошки на территории России

Ольга Александровна Панова [1], Александр Валерьевич Хрусталев [2], Лариса Юрьевна Порфирьева [3]

[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

[3] Калининская участковая ветеринарная лечебница СББЖ ЮВАО г. Москвы ГБУ «Мосветобъединение», Москва, Россия

[1] panova@vniigis.ru

[2] akhrustalev@yandex.ru

Аннотация

Цель исследований: обрисовать современное состояние проблемы легочных нематодозов у домашних кошек, обратить на неё внимание ветеринарных работников, повысить их осведомленность об особенностях методов диагностики данных гельминтозов.

Материалы и методы. Проанализированы современные литературные данные о распространении, видовом составе, дифференциальной морфологии, биологии, патогенном влиянии, методах диагностики возбудителей легочных нематодозов у кошек. При описании случая элюростронгилёза у животного наблюдали его клиническое состояние; были проведены общеклиническое и биохимическое исследование крови, диагностика вирусных инфекций, ультразвуковое исследование брюшной полости. Паразитологическое исследование фекалий проводили флотационным методом и по методу Бермана.

Результаты и обсуждение. Проведен обзор мировой литературы по легочным нематодозам домашних кошек. Большинство возбудителей представлено видами нескольких семейств метастронгилоидей; наиболее распространенными и клинически значимыми представителями являются: *Aelurostrongylus abstrusus* (сем. Angiostrongylidae), *Troglostrongylus brevior* (Crenosomatidae), *Oslerus rostratus* (Filaroididae). Также в дыхательной системе у кошек могут паразитировать *Eucoleus aerophilus* (Trichurida: Capillariidae) и *Metathelazia massinoi* (Spirurida: Pneumospiruridae). Впервые в России описан случай элюростронгилёза у домашней кошки. При копрологическом исследовании по методу Бермана у бездомного 3-месячного котенка из Московской области в 1 г фекалий обнаружено 104 экз. личинок первой стадии легочных нематод вида *Aelurostrongylus abstrusus*. Размеры личинок составили 360–380 мкм в длину; хвостовой конец имел характерное строение – двойной изгиб в форме буквы «S», дорсальный шипообразный вырост и вентральную вырезку. Для ветеринарной практики рекомендуется при наличии клинических признаков поражения респираторной систему у кошек из группы риска (свободно гуляющие животные, котята, уличные кошки) включать в дифференциальную диагностику легочные нематодозы с использованием надлежащих диагностических тестов.

Ключевые слова: легочные нематодозы, *Aelurostrongylus abstrusus*, элюростронгилез, домашняя кошка, легочные нематоды, *Troglostrongylus brevior, Oslerus rostratus, Eucoleus aerophilus*

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: *Панова О. А., Хрусталев А. В., Порфирьева Л. Ю.* Обзор легочных нематодозов домашних кошек с описанием первого случая элюростронгилеза у кошки на территории России // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 17–32.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-17-32

© Панова О. А., Хрусталев А. В., Порфирьева Л. Ю., 2022

Original article

Review of pulmonary nematodoses of domestic cats with description of the first case of aelurostrongylosis in a cat in Russia

Olga A. Panova [1], Alexander V. Khrustalev [2], Larisa Y. Porfiryeva [3]

[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", Moscow, Russia

[3] Kalininskaya District Veterinary Clinic of the Station for Combating Animal Diseases of the South-Eastern District of Moscow of the State Budgetary Institution "Mosvetobedinenie", Moscow, Russia

[1] panova@vniigis.ru

[2] akhrustalev@yandex.ru

Abstract

The purpose of the research is to outline the current state of the problem of pulmonary nematodoses of domestic cats, to draw the attention of veterinarians to it, to raise their awareness of the peculiarities of methods for diagnosing these helminthoses.

Materials and methods. The literature data on the distribution, species composition, differential morphology, biology, pathogenic influence, methods of diagnostics of the causative agents of pulmonary nematodes in cats are analyzed. When describing a case of aelurostrongylosis in a kitten, its clinical state was observed, general clinical and biochemical blood tests, diagnostics of viral infections, and ultrasound examination of the abdominal cavity were carried out. Parasitological examination of feces was carried out by the flotation method and by the method of Berman.

Results and discussion. The review of the world literature on pulmonary nematodes of domestic cats is carried out. Most pathogens are represented by species of several families of metastrongyloids, the most common and clinically significant representatives are: *Aelurostrongylus abstrusus* (family Angiostrongylidae), *Troglostrongylus brevior* (Crenosomatidae), *Oslerus rostratus* (Filaroididae). Also in the respiratory system of cats can be parasitized *Eucoleus aerophilus* (Trichurida: Capillariidae) and *Metathelazia massino*i (Spirurida: Pneumospiruridae). The first Russian case of aelurostrongylosis in a domestic cat is described. The larvae of the first stage of pulmonary nematodes of the species Aelurostrongylus abstrusus were found in the study of feces according to the Berman method in a homeless 3-month-old kitten from the Moscow region. The number of larvae was 104 per gram of feces. The size of the larvae was 360–380 μm in length, the tail end had a characteristic structure – a double bend in the shape of the letter "S", a dorsal spine-like outgrowth and a ventral notch. For veterinary practice, it is recommended that, in the presence of clinical signs of respiratory system damage in cats at risk (free-walking animals, kittens, street cats), pulmonary nematodes should be included in the differential diagnosis using appropriate diagnostic tests.

Keywords: pulmonary nematodoses, Aelurostrongylus abstrusus, aelurostrongylosis, domestic cat, pulmonary nematodes, *Troglostrongylus brevior, Oslerus rostratus, Eucoleus aerophilus*

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

There is no conflict of interests

For citation: Panova O. A., Khrustalev A. V., Porfiryeva L. Y. Review of pulmonary nematodoses of domestic cats with description of the first case of aelurostrongylosis in a cat in Russia. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(1): 17–32. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-17-32

© Panova O. A., Khrustalev A. V., Porfiryeva L. Y., 2022

Введение

Респираторные паразиты, поражающие домашних кошек, привлекают все большее внимание в клинической практике [54]. Более частое выявление болезней легких паразитарной этиологии у кошачьих может быть связано с увеличением распространенности возбудителей, расширением их географического ареала, повышением осведомленности о возбудителях или сочетанием этих факторов [53]. Определенную роль в распространении паразитов может играть передача возбудителей между дикими и домашними животными, что приводит к появлению у домашних кошек паразитов, которыми, как считалось ранее, поражаются только дикие животные [22]. В качестве примеров можно привести нематод *Troglostrongylus brevior*, считавшихся типичными для лисиц или Oslerus rostratus, ранее регистрируемых лишь у европейских диких кошек. Эти гельминты оказывают серьезное влияние на здоровье животных, вызывая потенциально смертельные заболевания у домашних кошек [19, 22, 55].

На территории РФ легочные нематоды регистрируют до сих пор только у диких кошачьих. Сведения об их обнаружении у домашних кошек в известной нам литературе отсутствуют. Несмотря на то, что ареалы многих возбудителей респираторных паразитозов распространяются на территорию страны, данные заболевания на практике не диагностируются, что, очевидно, объясняется недостаточной осведомленностью ветеринарных работников, а также особенностями методов их диагностики.

Цель настоящей статьи – постараться восполнить этот пробел.

Большинство возбудителей легочных нематодозов кошачьих представлено видами нескольких семейств метастронгилоидей. Наиболее распространенными и клинически значимыми их представителями являются *Aelurostrongylus abstrusus* (сем. Angiostrongylidae), *Troglostrongylus brevior, T. subcrenatus* (Crenosomatidae), *Oslerus rostratus* (Filaroididae). Также, в дыхательной системе у кошек могут паразитировать нематоды, принадлежащие другим систематическим группам: *Eucoleus aerophilus* (Trichurida: Capillariidae) и *Metathelazia massinoi* (Spirurida: Pneumospiruridae) [9, 11, 21, 49].

Элюростронгилез

Традиционно наиболее значимым респираторным паразитом домашних кошек с точки зрения географического распространения и клинической значимости во всем мире считается *Aelurostrongylus abstrusus* [54, 55].

Взрослые паразиты локализуются в терминальных бронхиолах и альвеолярных ходах окончательного хозяина. Самки *A. abstrusus* имеют длину от 9 до 12 мм; отверстие вульвы находится рядом с анальным отверстием. Самцы меньше по размеру, от 4 до 6 мм в длину, имеют небольшую бурсу и относительно короткие и толстые спикулы. Толщина нематод 54–80 мкм. При наблюдении в свежей легочной ткани нематоды имеют цвет от темно-коричневого до черного. Самки откладывают яйца внутрь альвеолярных протоков и окружающих альвеол, где из яиц вылупляются личинки. Личинки с бронхиальной слизью поднимаются до гортани и глотки, проглатываются и выделяются с фекалиями. Личинки имеют размеры 360–415 мкм в длину, 18,5 мкм в ширину. Хвостовой конец с характерным дорсальным шипом [11, 54]; головной конец закруглен, имеет терминальное ротовое отверстие. Хвост личинок изогнут S-образно с шишковидными выступами [9, 15, 54].

Промежуточными хозяевами являются улитки и слизни, у которых личинки первой стадии (L1) развиваются до инфекционных личинок третьей стадии (L3) [9, 42]. В цикл развития гельминта включаются резервуарные (паратенические) хозяева, такие как лягушки, ящерицы, птицы или грызуны [3, 11], поедание которых кошками наиболее вероятно [11]. Проглоченные личинки третьей стадии мигрируют к легким через кровеносные сосуды [51]. Самки начинают откладывать яйца через 25 сут после заражения, а личинок в фекалиях обнаруживают через 39 сут после заражения хозяина [32].

Нематоды *A. abstrusus* распространены по всему миру и могут заражать домашних кошек независимо от их среды обитания, образа жизни, пола и породы. Животные, живущие в помещениях и не имеющие доступа в окружающую среду, находятся в положении меньшего риска заразиться. Кошки, имеющие возможность свободного выгула, особенно молодые и обладающие выраженными охотничьими инстинктами, имеют повышенный риск заражения A. abstrusus [18, 37, 60].

В Европе легочные нематоды *A. abstrusus* у домашних кошек хорошо известны. Их неоднократно отмечали в Болгарии [52], Хорватии [36], Румынии [44], Албании [40], Венгрии [18], Португалии [47, 48]. Зараженность кошек колеблется от 1% в Испании [45] до 35,9% в Италии [19]. Особенно часто инвазию регистрируют у бродячих кошек, заражённость которых может достигать 50% [40]. Элюростронгилез широко распространен среди европейских диких кошек (*Felis silvestris silvestris*) – 63%, также данный гельминтоз зарегистрирован у каракала, льва и сервала в заповедниках Южной Африки [31].

На территории РФ до настоящего времени нематоды A. abstrusus были отмечены только у диких кошачьих. У амурских тигров Дальнего Востока [1, 7, 8] зараженность ими достигает 13,6% [1]. При копрологическом обследовании амурских леопардов личинки гельминта были найдены в 2,5% проб [1, 29]. Также, *A. abstrusus* регистрировали у лесных котов Кавказского заповедника [6], у плотоядных Среднего Поволжья [5].

Элюростронгилез кошек может протекать бессимптомно или проявляться симптомами поражения респираторного тракта: кашлем, хрипом, чиханием, выделениями из носа, одышкой, дыханием с открытым ртом, летаргией, депрессией и анорексией [31, 54, 58, 59]. Иногда заболевание может оказаться опасным для жизни, особенно в отсутствие терапевтического вмешательства, у молодых кошек или кошек с ослабленным иммунитетом [25]. При экспериментальном заражении у кошек, зараженных 100 личинками, наблюдали ранние рентгенологические изменения через 2 недели после заражения. Наиболее тяжелые симптомы заболевания были отмечены через 5–15 недель после заражения. Однако, обычно клинические симптомы при элюростронгилезе незначительны и *A. abstrusus* описывают как возбудитель, способный к самоограничению – «self-limiting parasite» [50, 58].

Троглостронгилез

До недавнего времени считалось, что нематоды рода Troglostrongylus паразитируют исключительно у диких кошачьих. Однако, в последнее десятилетие выяснилось, что и домашние кошки могут заражаться, по крайней мере, двумя видами гельминтов этого рода, *T. brevior* и *T. subcrenatus*.

Взрослые троглостронгилы локализуются в бронхах и бронхиолах. В отличие от *A. abstrusus*, у самок Troglostrongylus вульва расположена близ середины тела, а самцы имеют длинные тонкие спикулы. Размеры *T. brevior* составляют от 5 до 13 мм в длину, *T. subcrenatus* более крупные, от 10 до 23 мм [16, 54]. Цикл развития подробно изучен у вида *T. brevior*. Личинки L1 выделяются с фекалиями, они имеют в длину 339,3±14,1 мкм, толщину 18,6±1 мкм. Головной конец заостренный с субтерминально расположенным ротовым отверстием; хвост постепенно сужается, заостренный, с выраженным дорсальным кутикулярным шипом и более мелким вентральным [12, 32]. *T. brevior* имеет непрямой жизненный цикл, аналогичный жизненному циклу *A. abstrusus*, при этом наземные моллюски служат промежуточными хозяевами, а мелкие млекопитающие (например, мыши) – паратеническими [9]. Экспериментально доказано, что личинки *T. brevior* могут также напрямую передаваться от зараженной самки ее помету [13].

Эпидемиологические данные указывают на то, что *T. brevior* является второй по частоте диагностирования легочной нематодой у домашних кошек в Европе. Дикие кошки предполагаются как естественные хозяева, поддерживающие природный очаг заболевания [16].

В РФ *T. brevior* был найден у рыси в Кировской области [4]. Это наиболее северная зарегистрированная точка ареала вида. На территории бывшего СССР были описаны виды *T. assadovi* Sadykhov, 1952 от рыси и камышового кота в Азербайджане и Узбекистане, также *T. badanini* Muminov, 1964 от камышового кота в Узбекистане. В настоящее время данные виды рассматриваются в качестве синонимов *T. brevior* [2].

Другой вид троглостронгилов *T. subcrenatus* (Railliet and Henry, 1913) Fitzsimmons, 1964 встречается гораздо реже; до сих пор он был зарегистрирован только у двух кошек: в Малави и на Сицилии [12]. Жизненный цикл *T. subcrenatus*, вероятно, схож с *T. brevior*. Описанные личинки первой стадии этого вида из фекалий имели в длину 280±18 мкм, в ширину 16±2 мкм, заостренный хвост с типичными дорсальными и вентральными кутикулярными шипами [12].

Клиническая картина при троглостронгилидах отличается повреждением большой части

легких, нарушением работы, т. е., клиническая картина более выражена и течение тяжелое [11]. Из-за большого размера взрослых гельминтов и их локализации *T. brevior* считают более патогенным, чем *A. abstrusus.* У естественно зараженных кошек были зарегистрированы тяжелые респираторные симптомы, включая кашель, одышку и чихание. Летальные исходы зарегистрированы, в основном, у котят [16, 35]. При этом регистрируют сочетанное протекание *A. abstrusus* и *T. brevior*: в Италии 12,5%, в Греции 2,7% случаев [19].

Ослероз

Возбудители заболевания, нематоды *Oslerus rostratus* (Gerichter, 1949) Anderson, 1978 (син. *Filaroides rostratus, Anafilaroides rostratus*), паразиты диких кошачьих, которые иногда заражают домашних кошек. Гельминты локализуются в подслизистой оболочке бронхов и в перибронхиольных тканях. Взрослые самцы имеют длину 28–37 мм, самки – 48–64 мм. Личинки L1 выделяются с фекалиями, их размер составляет 335–412 мкм; ротовое отверстие у них расположено терминально и окружено кутикулярным кольцом, имеющим дорсальный и вентральный выступы. Жизненный цикл сходен с другими представителями метастронгилоидей кошачьих, промежуточными хозяевами являются сухопутные моллюски, в которых развиваются инвазионные личинки третьей стадии. Для вида свойственен резервуарный паразитизм; в качестве паратенических хозяев выступают различные мелкие позвоночные. Развитие гельминтов в дефинитивном хозяине характеризуется длительным периодом созревания, составляющим 70–80 сут [11].

Распространение ослероза приурочено к регионам с теплым климатом. Первоначально вид *O. rostratus* был описан на Ближнем Востоке. У домашних кошек он впоследствии был зарегистрирован в США, Шри-Ланке на Гавайях, на островах Средиземного моря, также в странах Южной и Центральной Европы: Италии, Испании, Франции, Венгрии [11, 14, 32, 33, 38, 37, 43, 61].

В отличие от других легочных гельминтозов кошек, ослероз регистрируют только у более взрослых животных не моложе 6 мес. При естественном заражении животные, как правило, не обнаруживают выраженных клинических симптомов. Патологоанатомические изменения в легких проявляются в форме локального перилюминального фиброза, гиперплазии слизистой оболочки и железистой гипертрофии бронхов [15].

Эуколеоз (капилляриоз легких)

Возбудители легочного капилляриоза нематоды *Eucoleus aerophilus* (син. *Capillaria aerophila, Thominx aerophilus*) не являются специфическими паразитами кошачьих; они могут заражать очень широкий круг хозяев, преимущественно, хищных млекопитающих; известны случаи заражения людей.

Гельминты локализуются на слизистой оболочке трахеи и крупных бронхов. Взрослые нематоды нитевидные, белого цвета, длиной: самки 20–30 мм, самцы 15–20 мм; толщиной 60–150 мкм. Змеевидно извитые паразиты хорошо различимы при аутопсии на поверхности слизистой оболочки невооруженным глазом или при небольшом увеличении. Эуколеусы имеют прямой жизненный цикл, либо с факультативным участием промежуточных (или паратенических) хозяев – дождевых червей. Самки отрождают неэмбрионированные яйца, которые с фекалиями животного выделяются во внешнюю среду. Яйца размером 60-65 × 25-40 мкм, имеют бочкообразную форму и асимметричные биполярные пробочки без утолщения у основания; внешняя оболочка сетчатая [57]. Срок развития яиц до инвазионной стадии составляет 1–2 мес. Животные заражаются при проглатывании присутствующих в почве яиц или при поедании инвазированных дождевых червей [54].

Эуколеоз имеет глобальное распространение. На территории РФ гельминтоз регистрируют повсеместно, главным образом, у диких хищников. Как показали исследования, *E. aerophilus* одновременно заражаются домашние и дикие животные на одной и той же территории [21, 24].

При невысокой интенсивности инвазии заболевание протекает практически бессимптомно. В случае массового заражения наблюдают признаки трахеита, бронхита, сопровождающиеся одышкой, хроническим кашлем и исхуданием.

Редкие и малоизученные гельминтозы

Некоторые виды легочных нематод у кошек известны лишь по единичным находкам. Данные виды являются специфическими пара-

зитами кошачьих, и их распространение при более внимательных исследованиях может оказаться шире, чем принято считать сегодня.

Одним из таких видов является *Angiostrongylus chabaudi*. Это кардиопульмональный гельминт, локализующийся в легочных сосудах и в правом сердце. Впервые он был описан в 1957 г. у лесного кота в Центральной Италии, и до недавнего времени больше не регистрировался. Но, начиная с 2014 г. *A. chabaudi* были найдены у диких кошек в Германии, Италии, Греции, Румынии, Болгарии, Боснии и Герцеговине [19, 34]. Также было описано два случая инвазии у домашних кошек, где при вскрытии были обнаружены незрелые нематоды в легочных артериях без личинок L1 в фекалиях. Биология *A. chabaudi* изучена слабо. Известно, что личинки (L1) паразита выделяются с фекалиями, их размер 362-400 × 15-18,5 мкм, хвост S-образно изогнут, с дорсальным шипом [27, 28]. Развитие личинок до инвазионной стадии проходит в сухопутных моллюсках *Cornu aspersum* [20]. Участие в жизненном цикле паратенических хозяев неизвестно. Патологические изменения при ангиостронгилезе кошек выражаются в грануломатозной пневмонии, кровоизлияниях в паренхиме легких, альвеолярной эмфиземе, субэндотелиальных инфильтратах и отеках, тромбозе и гиперплазии легочных артерий.

Metathelazia massinoi (син. *Vogeloides massinoi, Osleroides massino*). В 1933 г. Давтян описал новый вид нематод, которых он обнаружил в бронхиолах у 30 из 100 исследованных домашних кошек в Армении [23]. По описанию автора, это нитевидные паразиты белого цвета длиной: самцы 8–14 мм, самки 26–40 мм. Зрелые яйца в матках самок содержат сформированную личинку. Повторно данный вид был зарегистрирован лишь однажды у лесной кошки в Болгарии [62]. Биология паразита не изучена.

Диагностика

Легочные гельминты кошек клинически проявляются схожими признаками с бактериальными инфекциями, респираторными микозами, бронхиальной астмой, инородными телами и новообразованиями в дыхательных путях. Кроме того, лечение некоторых легочных патологий кортикостероидами и/или бронходилататорами (бронхиальная астма) может привести к клиническому улучшению при легочных нематодах, что терапевтически подтвердит ложный диагноз [46]. Рентгенографические исследования не являются патогномоничными [30, 49].

Основным и наиболее надежным способом диагностики гельминтозов является обнаружение расселительных стадий их возбудителей (личинок, яиц), выделяющихся во внешнюю среду. Выбор диагностического метода должен осуществляться с учетом особенностей биологии разных видов гельминтов. Для выявления свободных личиночных стадий нематод нативные мазки фекалий, методы осаждения и флотации, традиционно применемые в качестве лабораторной диагностики гельминтозов кошек, в большинстве случаев ненадежны из-за недостаточного размера образца, низкой чувствительности и искажения морфологии личинок концентрированными растворами солей [11].

Золотым стандартом диагностики элюростронгилеза, троглостронгилеза, ангиостронгилеза и ослероза кошек, для которых характерно наличие свободных личинок L1, является исследование фекалий методом Бермана в различных модификациях [41]. Личинки могут быть обнаружены и в других образцах: транстрахеальном аспирате, мазках из трахеи, бронхоальвеолярном лаваже. Однако, для взятия проб из дыхательных путей требуется седация или анестезия, и эти процедуры могут не выявить личинок при низкой интенсивности инвазии [56]. Для дифференциации видов личинок принимают во внимание их размеры, а также детали морфологии головного и хвостового концов (табл., рис. 1). В мазках из трахеи могут быть обнаружены также яйца *E. aerophilus* (рис. 2).

Флотационный метод применяют для диагностики эуколеоза. Яйца *E. aerophilus*, обладая сравнительно небольшим удельным весом, хорошо поднимаются стандартными флотационными растворами. Однако, следует иметь в виду, что в связи с относительно малой плодовитостью данного вида нематод (по сравнению, например, с токсокарами) при низкой интенсивнисти инвазии есть вероятность ложноотрицательного результата анализа. Яйца *E. aerophilus* следует диффе-

Таблица [Table]

Морфометрические признаки личинок первого возраста (L1) основных видов легочных нематод кошек [39]
[Morphometric characters of first instar larvae (L1) of the main species of feline lung nematodes [39]]

Вид [Specie]	Длина, мкм [Length, μm]	Головной конец [Head end]	Хвост [Tail]
Aelurostrongylus abstrusus	360–410	Закругленный, терминальное ротовое отверстие [Rounded, terminal mouth opening]	Изогнутый S-образно, с отчетливыми шишковидными выступами [Curved in an S-shape, with distinct pineal protrusions]
Troglostrongylus brevior	300–360	Заостренный, субтерминальное ротовое отверстие [Pointed, subterminal mouth opening]	С перетяжкой перед концом и двумя шиповидными выступами [With constriction in front of the end and two spike-like protrusions]
Oslerus rostratus	330–410	Терминальное ротовое отверстие, окруженное кутикулярным кольцом с дорсальным и вентральным выступами [Terminal mouth opening surrounded by a cuticular ring with dorsal and ventral projections]	Постепенно сужается к концу, глубокая дорсальная и более мелкая вентральная вырезка [Gradually tapering towards the end, deep dorsal and shallower ventral notch]

Рис. 1. Морфология головных (A, B, C) и хвостовых (D, E, F) концов личинок первой стадии основных видов легочных нематод кошек:

A, D – *Aelurostrongylus abstrusus*; B, E – *Troglostrongylus brevior*; C, F – *Oslerus rostratus* (масштабная линейка 20 мкм). Фото B, C, E, F из [33] по лицензии CC BY.

Fig. 1. Morphology of the head (A, B, C) and tail (D, E, F) ends of the larvae of the first stage of the main species of feline pulmonary nematodes:

A, D – *Aelurostrongylus abstrusus*; B, E – *Troglostrongylus brevior*; C, F – *Oslerus rostratus* (scale bar 20 μm).

Photo B, C, E, F from [33] under license CC BY.

Рис. 2. Яйцо *Eucoleus aerophilus* (масштабная линейка 20 мкм)

Fig. 2. Egg of *Eucoleus aerophilus* (scale bar 20 μm)

ренцировать от случайно попавших с мочой яиц *Pearsonema feliscati* (= *Capillaria feliscati*), паразитирующих в мочевом пузыре, а также от яиц, изредка встречающихся у кошек *Aonchotheca putorii* (= *Capillaria putorii*).

Относительно прижизненной диагностики заражения метателязиями литературные данные отсутствуют. По аналогии с другими спируридами можно предположить, что яйца этого вида гельминтов достаточно тяжелые, и для их обнаружения может потребоваться применение методов седиментации, либо использование флотационных растворов с высокой плотностью.

В последние годы для диагностики легочных нематодозов кошек был предложен ряд дополнительных специфических диагностических тестов. Разработанный иммунофлуоресцентный тест на антитела к *A. abstrusus* в сыворотках как экспериментально, так и спонтанно инвазированных кошек, показал многообещающую чувствительность и специфичность [17].

Генетическая идентификация дуплексной полимеразной цепной реакцией (ПЦР), основанная на маркерах внутреннего транскрибируемого спейсера 2 (ITS2) рДНК, была разработана для идентификации L1 *A. abstrusus* и *T. brevior* в фекалиях и показала свою эффективность при смешанных инвазиях [10]. ПЦР-анализ, специфичный для *A. abstrusus*, был изучен на разных образцах фекалий (фекалии; надосадочная жидкость после флотации; осадок, полученный методом Бермана) и мазков из глотки инвазированных кошек. Метод показал 100%-ную специфичность и 97%-ную чувствительность и позволил выявить инвазированных кошек, которые копромикроскопически показали отрицательный результат [59]. Эти данные продемонстрировали, что мазок из глотки является наиболее подходящим образцом для молекулярной диагностики элюростронгилеза как с точки зрения экспериментальной чувствительности, так и с точки зрения практичности (сбора материала и его последующей обработки) [26, 59]. Однако, в настоящее время окончательная диагностика легочных нематод возможна только с применением копромикроскопии или исследования смывов с дыхательных путей [54].

Случай элюростронгилеза у домашней кошки

Бездомный котенок 3-месячного возраста из Московской области в течение двух недель содержался в приюте для кошек. Поступил в ветклинику с жалобами на исхудание и жидкий стул. При осмотре у котенка температура в норме, отмечено вздутие живота, при аускультации хрипов нет. Было назначено исследование фекалий на паразитозы, сдана кровь на стандартное общеклиническое и биохимическое исследования, панель вирусных инфекций кошек, ультразвуковое исследование брюшной полости.

Рис. 3. Личинка *A. abstrusus* из фекалий котенка (масштабная линейка 50 мкм)

Fig. 3. Larva of *A. abstrusus* from kitten feces (scale bar 50 μm)

При паразитологическом исследовании фекалий методом нативного мазка случайно обнаружено большое число личинок. При последующем копрологическом исследовании по методу Бермана были обнаружены личинки нематод в большом количестве; их число составило 104 экз. в 1 г фекалий. Размеры личинок составили 360–380 мкм в длину; хвостовой конец имел характерное строение – двойной изгиб в форме буквы «S», дорсальный шипообразный вырост и вентральную вырезку (см. рис. 1A, 1D, 3). Личинки были идентифицированы как личинки первой стадии (L1) легочных нематод вида *Aelurostrongylus abstrusus*.

Других возбудителей паразитозов обнаружено не было. В анализе крови котенка отклонений не наблюдали. Вирусные инфекции не подтверждены. При инструментальных исследованиях отклонений от нормы не обнаружено.

Данный клинический случай является первым случаем элюростронгилеза у домашней кошки на территории России.

Заключение

Анализ современной глобальной эпизоотологической ситуации по легочным нематодозам кошек позволяет сделать вывод о том, что данные паразитозы следует расценивать как недооцененные заболевания. Исследования последних лет, проведенные в странах Южной и Центральной Европы, указывают на гораздо более широкую их распространенность, чем было принято считать ранее. Отсутствие сведений о подобных заболеваниях в России, очевидно, связано с несовершенством их диагностики и недостаточной осведомленностью ветеринарных специалистов. Практикующим ветеринарным врачам рекомендуется при наличии клинических признаков поражения респираторной системы у кошек из группы риска (свободно гуляющие животные, котята, уличные кошки) включать в дифференциальную диагностику легочные нематодозы с использованием надлежащих диагностических тестов.

Список источников

1. *Есаулова Н. В., Найденко С. В., Рожнов В. В., Эрнандес-Бланко Х. А., Василевич Ф. И.* Фауна гельминтов крупных кошачьих Дальнего Востока России // Материалы V научно-практической конференции Международной ассоциации паразитоценологов «Паразитарные системы и паразитоценозы животных». Изд-во: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2016. С. 64-66.
2. *Контримавичус В. Л., Делямуре С. Л., Боев С. Н.* Основы нематодологии. Т. 26. Метастронгилоидеи домашних и диких животных. М.: Наука, 1976. 238 с.
3. *Контримавичус В. Л., Делямуре С. Л.* Основы нематодологии. Том. 29. Филяроидиды домашних и диких животных. М.: Наука, 1979. 156 с.
4. *Масленникова О. В.* Гельминтофауна промысловых животных в природных биоценозах кировской области: дис. … канд. биол. наук. М., 2005. 282 с.
5. *Романов И. В.* Эколого-фаунистическое изучение гельминтов плотоядных Среднего Поволжья с разработкой вопросов эпидемиологии важнейших гельминтозоонозов: автореф. дис. … д-ра биол. наук. М., 1970. 31 с.
6. *Рухлядев Д. П., Рухлядева М. И.* Гельминтофауна куньих и других хищников Северо-Западного Кавказа // Тр. Кавказск. Заповедн. Майкоп, 1959. Вып. 5. С. 125-135.
7. *Середкин И. В., Гудрич Д. М., Льис Д., Микелл Д. Г., Есаулова Н. В., Коняев С. В.* Инфекционные и эндопаразитарные заболевания амурского тигра // Вестник КрасГАУ. 2015. № 12. С. 185-191.
8. *Серёдкин И. В., Есаулова Н. В., Транбенкова Н. А., Борисов М. Ю., Петруненко Ю. К., Мухачева А. С.* Фауна гельминтов медведей и тигра на Дальнем Востоке России // Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в ветеринарной медицине, животноводстве и природоохранном комплексе Дальневосточного региона». Уссурийск, 2012. С. 204-210.
9. *Anderson R. C.* Nematode parasites of vertebrates. Their development and transmission. Wallingford; CAB International, UK., 2000; 605-614. https://doi.org/10.1079/9780851994215.0001
10. *Annoscia G., Latrofa M. S., Campbell B. E.* Simultaneous detection of the feline lungworms *Troglostrongylus brevior* and *Aelurostrongylus abstrusus* by a newly developed duplex-PCR. Vet Parasitol. 2014; 199: 172-178. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.10.015
11. *Bowman D. D., Hendrix C. M., Lindsay D. S., Barr S. C.* (Eds). Feline Clinical Parasitology. Wiley-Blackwell. 2008; 480.
12. *Brianti E., Gaglio G., Giannetto S., Otranto D.* et al. *Troglostrongylus brevior* and *Troglostrongylus subcrenatus* (Strongylida: Crenosomatidae) as agents of broncho-pulmonary infestation in domestic cats. Parasites & Vectors. 2012; 5(1): 178. https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-178.

13. *Brianti E., Gaglio G., Napoli E.* Evidence for direct transmission of the cat lungworm *Troglostrongylus brevior* (Strongylida: Crenosomatidae). Parasitology. 2013; 140: 821-824. https://doi.org/10.1017/S0031182013000188

14. *Brianti E., Gaglio G., Napoli E.* Feline lungworm *Oslerus rostratus* (Strongylida: Filaridae) in Italy: first case report and histopathological findings. Parasitol Res. 2014; 113: 3853-3857. https://doi.org/10.1007/s00436-014-4053-z

15. *Brianti E., Giannetto S., Dantas-Torres F.* Lungworms of the genus *Troglostrongylus* (Strongylida: Crenosomatidae): neglected parasites for domestic cats. Vet. Parasitol. 2014; 202: 104-112. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.01.019

16. *Brianti E., Varcasia A., Otranto D. Troglostrongylus brevior.* Trends in Parasitology. 2021; 37 (6): 569-570. https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.11.006

17. *Briggs K. R., Yaros J. P., Liotta J. L.* Detecting *Aelurostrongylus abstrusus-specific* IgG antibody using an immunofluorescence assay. J. Feline Med. Surg. 2013; 15: 1114-1118. https://doi.org/10.1177/1098612X13489977

18. *Capari B., Hamel D., Visser M., Winter R., Pfister K., Rehbein S.* Parasitic infections of domestic cats, *Felis catus*, in western Hungary. Veterinary Parasitology. 2013; 192. 33-42. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.11.011

19. *Cesare A. D., Morelli S., Colombo M., Simonato G., Veronesi F., Marcer F., Diakou A., D'Angelosante R., Pantchev N., Psaralexi E., Traversa D.* Is Angiostrongylosis a Realistic Threat for Domestic Cats? Front Vet. Sci. 2020; 7: 195. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00195

20. *Colella V., Mutafchiev Y., Cavalera M. A., Giannelli A., Lia R. P., Dantas-Torres F., Otranto D.* Development of *Crenosoma vulpis* in the common garden snail *Cornu aspersum*: implications for epidemiological studies. Parasit. Vectors. 2016; 9. 208. https://doi.org/10.1186/s13071-016-1483-8

21. *Conboy G. A.* Helminth parasites of the canine and feline respiratory tract. Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract. 2009; 39: 1109-1126. https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2009.06.006

22. *Crisi P. E., Di Cesare A., Boari A.* Feline troglostrongylosis: current epizootiology, clinical features, and therapeutic options. Front Vet. Sci. 2018; 5: 126. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00126

23. *Davtian E. A.* Ein neuer Nematode aus den Lungen der Hauskatze. *Osleroides massino*, nov. sp. Deutsch. Tierarztl. Wochenschr. 1933; 41 (24): 372-374.

24. *Di Cesare A., Castagna G., Otranto D.* Molecular detection of *Capillaria aerophila*, an agent of canine and feline pulmonary capillariosis. J. Clin. Microbiol. 2012; 50: 1958-1963. https://doi.org/10.1128/JCM.00103-12

25. *Di Cesare A., Crisi P.E., Di Giulio E., Veronesi F., di Regalbono A.F., Talone T., Traversa D.* Larval development of the feline lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in *Helix aspersa*. Parasitol. Res. 2013; 112: 3101-3108. https://doi.org/10.1007/s00436-013-3484-2

26. *Di Cesare A., di Regalbono A. F., Tessarin C.* Mixed infection by *Aelurostrongylus abstrusus* and *Troglostrongylus brevior* in kittens from the same litter in Italy. Parasitol. Res. 2014; 113: 613-618. https://doi.org/10.1007/s00436-013-3690-y

27. *Diakou A., Migli D., Di Cesare A., Traversa D.* et al. *Angiostrongylus chabaudi*: first description of the diagnostic stage and confirmation of European wildcat as definitive host. Conference: Fifth European Dirofilaria and Angiostrongylus Days, Parasites & Vectors. 2016; 10 (1): A39. 18-19.

28. *Diakou A., Psalla D., Migli D., Di Cesare A., Youlatos D., Marcer F., Traversa D.* First evidence of the European wildcat (*Felis silvestris silvestris*) as definitive host of *Angiostrongylus chabaudi*. Parasitol. Res. 2016; 115: 1235. https://doi.org/10.1007/s00436-015-4860-x

29. *Esaulova N., Naidenko S., Rozhnov V., Vasilevich F., Hernandez-Blanco J. A., Poyarkov A., Karnaukhov A., Pavlova E.* Helminths of rare feline species (Felidae) in Siberia and the Russian Far east. Int. J. Res. Ayurveda Pharm. 2017; 8 (2). https://doi.org/10.7897/2277-4343.08267

30. *Foster S. F., Martin P.* Lower respiratory tract infections in cats: reaching beyond empirical therapy. J. Feline Med. Surg. 2011; 3: 313-332. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2011.03.009

31. *Gavrilović P., Jovanović M., Gavrilović A., Nešić S.* Fatal aelurostrongylosis in a kitten in Serbia. Acta Parasitologica. 2017; 62 (2): 488-491.https://doi.org/10.1515/ap-2017-0058

32. *Gerichter C. B.* Studies on the nematodes parasitic in the lungs of Felidae in Palestine. Parasitology. 1949; 39: 251-262. https://doi.org/10.1017/s0031182000083827.

33. *Giannelli A., Capelli G., Joachim A., Hinney B., Losson B.* et al. Lungworms and gastrointestinal parasites of domestic cats: a European perspective. International Journal for Parasitology. 2017; 47. 517-528. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.02.003

34. *Giannelli A., Kirkova Z., Abramo F., Latrofa M.S., Campbell B., Zizzo N., Cantacessi C., Dantas-*

Torres F., Otranto D. Angiostrongylus chabaudi in felids: New findings and a review of the literature. Vet. Parasitol. 2016; 228. 188-192. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.09.007

35. *Giannelli A., Passantino G., Ramos R.A., Lo Presti G., Lia R. P., Brianti E., Dantas-Torres F., Papadopoulos E., Otranto D.* Pathological and histological findings associated with the feline lungworm *Troglostrongylus brevior*. Vet. Parasitol. 2014; 204. 416-419. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.05.020
36. *Grabarevic Z., Curic S., Tustonja A., Artukovic B., Šimec Z., Ramadan K., Zivicnjak T.* Incidence and regional distribution of the lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in cats in Croatia. Veterinarski Arhiv. 1999; 69. 279-287.
37. *Headley S. A. Aelurostrongylus abstrusus* induced pneumonia in cats: pathological and epidemiological findings of 38 cases (1987–1996). Semin Ciênc Agrár. 2005; 26: 373-380. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p373.
38. *Juste R. A., Garcia A. L., Mencìa L.* Mixed infestation of a domestic cat by *Aelurostrongylus abstrusus* and *Oslerus rostratus*. Angew Parasitol. 1992; 33: 56-60.
39. *Kiszely S., Gyurkovszky M., Solymosi N., Farkas R.* Survey of lungworm infection of domestic cats in hungary. Acta Veterinaria Hungarica. 2019; 67 (3): 407-417. https://doi.org/10.1556/004.2019.041
40. *Knaus M., Kusi I., Rapti D., Xhaxhiu D., Winter R., Visser M., Rehbein S.* Endoparasites of cats from the Tirana area and the first report on *Aelurostrongylus abstrusus* (Railliet, 1898) in Albania. The Wiener Klinische Wochenschrift. 2011; 123. 31-35. https://doi.org/10.1007/s00508-011-1588-1
41. *Lacorcia L., Gasser R. B., Anderson G. A.* Comparison of bronchoalveolar lavage fluid examination and other diagnostic techniques with the Baermann technique for detection of naturally occurring *Aelurostrongylus abstrusus* infection in cats. J. Am. Vet. Med. Assoc. 2009; 235: 43-49. https://doi.org/10.2460/javma.235.1.43.
42. *López C., Panadero R., Paz A.* Larval development of *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda, Angiostrongylidae) in experimentally infected *Cernuella* (*Cernuella*) *virgata* (Mollusca, Helicidae). Parasitol. Res. 2005; 95: 13-16. https://doi.org/10.1007/s00436-004-1244-z.
43. *Millán J., Casanova J. C.* High prevalence of helminth parasites in feral cats in Majorca Island (Spain). Parasitol. Res. 2009; 106: 183-188. https://doi.org/10.1007/s00436-009-1647-y
44. *Mircean V., Titilincu A., Vasile C.* Prevalence of endoparasites in household cat (*Felis catus*) populations from Transylvania (Romania) and association with risk factors. Vet. Parasitol. 2010; 171. 163-166. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.03.005
45. *Miro G., Montoya A., Jimenez S., Frisuelos C., Mateo M., Fuentes I.* Prevalence of antibodies to *Toxoplasma gondii* and intestinal parasites in stray, farm and household cats in Spain. Vet. Parasitol. 2004; 126. 249-255. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.08.015
46. *Murad B., Yankova S., Shiron M., Tonev A., Iliev P., Kirkova Z., Tsachev I.* Clinical cases of *Aelurostrongylus abstrusus* and feline immunodeficiency virus co-infection in cats. Tradition and modernity in veterinary medicine. 2019; 4. 1(6): 46-50.
47. *Nabais J., Margarida A.A., Gomes L., da Silva J. F., Nunes T., Vicente G., de Carvalho L. M. Aelurostrongylus abstrusus* in cats and *Angiostrongylus vasorum* in dogs from Lisbon, Portugal. Acta Parasitológica Portuguesa. 2014; 20 (1/2): 35-40.
48. *Payo-Puente P., Botelho-Dinis M., Carvaja Uruena A. M., Payo-Puente M., Gonzalo-Orden J. M., Rojo-Vazquez F. A.* Prevalence study of the lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in stray cats of Portugal. Journal of Feline Medicine and Surgery. 2008; 10. 242-246. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.12.002
49. *Pechman R. D.* Respiratory parasites. In: Sherding R. G. (eds). The cat: diseases and clinical management. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1994; 613-622.
50. *Pennisi M. G., Netta P. P., Giannetto S.* Lungworm disease in cats caused by *Aelurostrongylus abstrusus*. Tijdschr Diergeneeskd. 1995; 120: 263-266.
51. *Rassouli M., Ghaderi J., Goudarzi A., Sabouri S. Aelurostrongylus abstrusus* in a stray cat's blood stream. Comparative Clinical Pathology. 2014; 24 (4). https://doi.org/10.1007/s00580-014-1979-6
52. *Stoichev I., Sherkov S., Halachev M.* Pathology of cats from a region of Bulgaria with human endemic nephropathy. Journal of Comparative Pathology. 1982; 92. 99-107. https://doi.org/10.1016/0021-9975(82)90045-7
53. *Traversa D., Di Cesare A.* Cardio-pulmonary parasitic nematodes affecting cats in Europe: unraveling the past, depicting the present, and predicting the future. Front Vet. Sci. 2014; https://doi.org/1:11. 10.3389/fvets.2014.00011

54. *Traversa D., Di Cesare A.* Diagnosis and management of lungworm infections in cats. Cornerstones, dilemmas and new avenues. Journal of Feline Medicine and Surgery. 2016; 18. 7-20. https://doi.org/10.1177/1098612X15623113

55. *Traversa D., Di Cesare A.* Feline lungworms: what a dilemma. Trends Parasitol. 2013; 29: 423-430. https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.07.004

56. *Traversa D., Di Cesare A., Conboy G.* Canine and feline cardiopulmonary parasitic nematodes in Europe: emerging and underestimated. Parasit. Vectors. 2010; 3: 62. https://doi.org/10.1186/1756-3305-3-62

57. *Traversa D., Di Cesare A., Lia R. P.* New insights into morphological and biological features of *Capillaria aerophila* (Trichocephalida, Trichuridae). Parasit. Res. 2011; 109 (1): S97-104. https://doi.org/10.1007/s00436-011-2406-4

58. *Traversa D., Guglielmini C.* Feline aelurostrongylosis and canine angiostrongylosis: a challenging diagnosis for two emerging verminous pneumonia infections. Vet. Parasitol. 2008; 157: 163-174. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.07.020

59. *Traversa D., Iorio R., Otranto D.* Diagnostic and clinical implications of a nested PCR specific for ribosomal DNA of the feline lungworm Aelurostrongylus abstrusus (Nematoda, Strongylida). J. Clin. Microbiol. 2008; 46: 1811-1817. https://doi.org/10.1128/JCM.01612-07

60. *Traversa D., Lia R. P., Iorio R.* Diagnosis and risk factors of *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda, Strongylida) infection in cats from Italy. Vet. Parasitol. 2008; 153: 182-186. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.01.024

61. *Varcasia A., Brianti E., Tamponi C.* Simultaneous infection by four feline lungworm species and implications for the diagnosis. Parasitol. Res. 2015; 114: 317-321. https://doi.org/10.1007/s00436-014-4207-z

62. *Yanchev Y., Genov T.* Helminth fauna of the wild cat, Felis silvestris Schreb., in Bulgaria. Khelmintologiya. 1978; 6: 81-101 (in Bulg. Russ, arid Engl, summ.)

63. *Zajac A. M., Conboy G. A.* Veterinary clinical parasitology. 8rd edn. Wiley-Blackwell, Chichester., 2012; 368.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; принята к публикации 15.01.2022

Об авторах:

Панова Ольга Александровна, 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» (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, e-mail: panova@vniigis.ru

Хрусталев Александр Валерьевич, 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» (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, e-mail: akhrustalev@yandex.ru

Порфирьева Лариса Юрьевна, Калининская участковая ветеринарная лечебница СББЖ ЮВАО г. Москвы ГБУ «Мосветобъединение» (111020, г. Москва, Юрьевский пер., 19), Москва, Россия

Вклад соавторов:

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

Хрусталев Александр Валерьевич – определение возбудителя, анализ полученных данных, подготовка фотоматериалов, разработка дизайна рукописи, написание текста рукописи.

Порфирьева Лариса Юрьевна – получение материала для анализа, первичное определение возбудителя, подготовка разделов рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Esaulova N. V., Naidenko S. V., Rozhnov V. V., Hernandez-Blanco H. A., Vasilevich F. I. Fauna of large feline helminths of the Russian Far East. *Materialy V nauchno-prakticheskoy konferentsii Mezhdunarodnoy assotsiatsii parazitotsenologov «Parazitarnyye sistemy i parazitotsenozy zhivotnykh» = Materials of the V scientific-practical conference of the International Association of Parasitocenologists "Parasitic systems and parasitocenosis of animals"*. Publisher: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. 2016; 64-66. (In Russ.)
2. Kontrimavichus V. L. Delyamure S. L., Boev S. N. Fundamentals of nematodology. Volume 26. Metastrongyloids of domestic and wild animals. Moscow, Nauka, 1976; 238 (In Russ.)
3. Kontrimavichus V. L., Delyamure S. L. Fundamentals of nematodology. Filaroidids of domestic and wild animals. Ed. K. M. Ryzhikov. Moscow, Nauka, 1979; 29: 156 (In Russ.)
4. Maslennikova O. V. Helminth fauna of game animals in natural biocenoses of the Kirov region: diss. … cand. biol. sciences. Moscow, 2005; 282. (In Russ.)
5. Romanov I. V. Ecological and faunistic study of carnivorous helminths of the Middle Volga region with the development of issues of the epidemiology of the most important helminthic zoonoses: authoref. dis. … doc. biol. sciences. Moscow, 1970; 31. (In Russ.)
6. Rukhlyadev D. P., Rukhlyadeva M. I. Helminth fauna of mustelids and other predators of the Northwestern Caucasus. *Trudy Kavkazskogo Zapovednika = Proceedings of the Caucasian Reserve*. Maykop, 1959; 5: 125-135. (In Russ.)
7. Seredkin I. V., Goodrich D. M., Llis D., Mikell D. G., Esaulova N. V., Konyaev S. V. Infectious and endoparasitic diseases of the Amur tiger. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*. 2015; 12: 185-191. (In Russ.)
8. Seryodkin I. V., Esaulova N. V., Tranbenkova N. A., Borisov M. Yu., Petrunenko Yu. K., Mukhacheva A. S. Fauna of bears and tigers helminths in the Russian Far East. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Innovatsionnyye tekhnologii v veterinarnoy meditsine, zhivotnovodstve i prirodookhrannom komplekse Dal'nevostochnogo regiona» = International scientific and practical conference "Innovative technologies in veterinary medicine, animal husbandry and the environmental complex of the Far East region"*. Ussuriysk, 2012; 204-210. (In Russ.)
9. Anderson R. C. Nematode parasites of vertebrates. Their development and transmission. Wallingford; CAB International, UK., 2000; 605-614. https://doi.org/10.1079/9780851994215.0001
10. Annoscia G., Latrofa M. S., Campbell B. E. Simultaneous detection of the feline lungworms *Troglostrongylus brevior* and *Aelurostrongylus abstrusus* by a newly developed duplex-PCR. *Vet Parasitol.* 2014; 199: 172-178. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.10.015
11. Bowman D. D., Hendrix C. M., Lindsay D. S., Barr S. C. (Eds). Feline Clinical Parasitology. Wiley-Blackwell. 2008; 480.
12. Brianti E., Gaglio G., Giannetto S., Otranto D. et al. *Troglostrongylus brevior* and *Troglostrongylus subcrenatus* (Strongylida: Crenosomatidae) as agents of broncho-pulmonary infestation in domestic cats. *Parasites & Vectors*. 2012; 5(1): 178. https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-178.
13. Brianti E., Gaglio G., Napoli E. Evidence for direct transmission of the cat lungworm *Troglostrongylus brevior* (Strongylida: Crenosomatidae). Parasitology. 2013; 140: 821-824. https://doi.org/10.1017/S0031182013000188
14. Brianti E., Gaglio G., Napoli E. Feline lungworm *Oslerus rostratus* (Strongylida: Filaridae) in Italy: first case report and histopathological findings. *Parasitol Res*. 2014; 113: 3853-3857. https://doi.org/10.1007/s00436-014-4053-z
15. Brianti E., Giannetto S., Dantas-Torres F. Lungworms of the genus *Troglostrongylus* (Strongylida: Crenosomatidae): neglected parasites for domestic cats. *Vet. Parasitol.* 2014; 202: 104-112. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.01.019
16. Brianti E., Varcasia A., Otranto D. *Troglostrongylus brevior. Trends in Parasitology.* 2021; 37 (6): 569-570. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.11.006
17. Briggs K.R., Yaros J.P., Liotta J.L. Detecting *Aelurostrongylus abstrusus*-specific IgG antibody using an immunofluorescence assay. *J. Feline Med. Surg.* 2013; 15: 1114-1118. https://doi.org/10.1177/1098612X13489977
18. Capari B., Hamel D., Visser M., Winter R., Pfister K., Rehbein S. Parasitic infections of domestic cats, *Felis catus*, in western Hungary. *Veterinary Parasitology*. 2013; 192. 33-42. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.11.011
19. Cesare A.D., Morelli S., Colombo M., Simonato G., Veronesi F., Marcer F., Diakou A., D'Angelosante R., Pantchev N., Psaralexi E., Traversa D. Is Angiostrongylosis a Realistic Threat for Domestic Cats? *Front Vet. Sci*. 2020; 7: 195. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00195

20. Colella V., Mutafchiev Y., Cavalera M.A., Giannelli A., Lia R.P., Dantas-Torres F., Otranto D. Development of *Crenosoma vulpis* in the common garden snail Cornu aspersum: implications for epidemiological studies. *Parasit. Vectors*. 2016; 9. 208. https://doi.org/10.1186/s13071-016-1483-8

21. Conboy G.A. Helminth parasites of the canine and feline respiratory tract. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 2009; 39: 1109-1126. https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2009.06.006

22. Crisi P. E., Di Cesare A., Boari A. Feline troglostrongylosis: current epizootiology, clinical features, and therapeutic options. *Front Vet. Sci.* 2018; 5: 126. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00126

23. Davtian E. A. Ein neuer Nematode aus den Lungen der Hauskatze. *Osleroides massino*, nov. sp. Deutsch. Tierarztl. Wochenschr. 1933; 41 (24): 372-374.

24. Di Cesare A., Castagna G., Otranto D. Molecular detection of *Capillaria aerophila*, an agent of canine and feline pulmonary capillariosis. *J. Clin. Microbiol.* 2012; 50: 1958-1963. https://doi.org/10.1128/JCM.00103-12

25. Di Cesare A., Crisi P. E., Di Giulio E., Veronesi F., di Regalbono A.F., Talone T., Traversa D. Larval development of the feline lungworm Aelurostrongylus abstrusus in *Helix aspersa*. *Parasitol. Res.* 2013; 112: 3101-3108. https://doi.org/10.1007/s00436-013-3484-2

26. Di Cesare A., di Regalbono A. F., Tessarin C. Mixed infection by *Aelurostrongylus abstrusus* and *Troglostrongylus brevior* in kittens from the same litter in Italy. *Parasitol. Res*. 2014; 113: 613-618. https://doi.org/10.1007/s00436-013-3690-y

27. Diakou A., Migli D., Di Cesare A., Traversa D. et al. *Angiostrongylus chabaudi*: first description of the diagnostic stage and confirmation of European wildcat as definitive host. Conference: *Fifth European Dirofilaria and Angiostrongylus Days, Parasites & Vectors*. 2016; 10 (1): A39. 18-19.

28. Diakou A., Psalla D., Migli D., Di Cesare A., Youlatos D., Marcer F., Traversa D. First evidence of the European wildcat (*Felis silvestris silvestris*) as definitive host of *Angiostrongylus chabaudi*. *Parasitol. Res.* 2016; 115: 1235. https://doi.org/10.1007/s00436-015-4860-x

29. Esaulova N., Naidenko S., Rozhnov V., Vasilevich F., Hernandez-Blanco J. A., Poyarkov A., Karnaukhov A., Pavlova E. Helminths of rare feline species (Felidae) in Siberia and the Russian Far east. *Int. J. Res. Ayurveda Pharm*. 2017; 8 (2). https://doi.org/10.7897/2277-4343.08267

30. Foster S. F., Martin P. Lower respiratory tract infections in cats: reaching beyond empirical therapy. *J. Feline Med. Surg.* 2011; 3: 313-332. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2011.03.009

31. Gavrilović P., Jovanović M., Gavrilović A., Nešić S. Fatal aelurostrongylosis in a kitten in Serbia. *Acta Parasitologica*. 2017; 62 (2): 488-491. https://doi.org/10.1515/ap-2017-0058

32. Gerichter C. B. Studies on the nematodes parasitic in the lungs of Felidae in Palestine. *Parasitology*. 1949; 39: 251-262. https://doi.org/10.1017/s0031182000083827.

33. Giannelli A., Capelli G., Joachim A., Hinney B., Losson B. et al. Lungworms and gastrointestinal parasites of domestic cats: a European perspective. *International Journal for Parasitology*. 2017; 47. 517-528. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.02.003

34. Giannelli A., Kirkova Z., Abramo F., Latrofa M. S., Campbell B., Zizzo N., Cantacessi C., Dantas-Torres F., Otranto D. *Angiostrongylus chabaudi* in felids: New findings and a review of the literature. *Vet. Parasitol*. 2016; 228. 188-192. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.09.007

35. Giannelli A., Passantino G., Ramos R. A., Lo Presti G., Lia R. P., Brianti E., Dantas-Torres F., Papadopoulos E., Otranto D. Pathological and histological findings associated with the feline lungworm *Troglostrongylus brevior*. *Vet. Parasitol.* 2014; 204. 416-419. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.05.020

36. Grabarevic Z., Curic S., Tustonja A., Artukovic B., Šimec Z., Ramadan K., Zivicnjak T. Incidence and regional distribution of the lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in cats in Croatia. *Veterinarski Arhiv*. 1999; 69. 279-287.

37. Headley S. A. *Aelurostrongylus abstrusus* induced pneumonia in cats: pathological and epidemiological findings of 38 cases (1987–1996). Semin Ciênc Agrár. 2005; 26: 373-380. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p373.

38. Juste R. A., Garcia A.L., Mencìa L. Mixed infestation of a domestic cat by *Aelurostrongylus abstrusus* and *Oslerus rostratus*. *Angew Parasitol.* 1992; 33: 56-60.

39. Kiszely S., Gyurkovszky M., Solymosi N., Farkas R. Survey of lungworm infection of domestic cats in hungary. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2019; 67 (3): 407-417. https://doi.org/10.1556/004.2019.041

40. Knaus M., Kusi I., Rapti D., Xhaxhiu D., Winter R., Visser M., Rehbein S. Endoparasites of cats from the Tirana area and the first report on

Aelurostrongylus abstrusus (Railliet, 1898) in Albania. *The Wiener Klinische Wochenschrift*. 2011; 123. 31-35. https://doi.org/10.1007/s00508-011-1588-1

41. Lacorcia L., Gasser R.B., Anderson G.A. Comparison of bronchoalveolar lavage fluid examination and other diagnostic techniques with the Baermann technique for detection of naturally occurring *Aelurostrongylus abstrusus* infection in cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2009; 235: 43-49. https://doi.org/10.2460/javma.235.1.43.
42. López C., Panadero R., Paz A. Larval development of *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda, Angiostrongylidae) in experimentally infected *Cernuella* (*Cernuella*) *virgata* (Mollusca, Helicidae). *Parasitol. Res*. 2005; 95: 13-16. https://doi.org/10.1007/s00436-004-1244-z.
43. Millán J., Casanova J. C. High prevalence of helminth parasites in feral cats in Majorca Island (Spain). *Parasitol. Res.* 2009; 106: 183-188. https://doi.org/10.1007/s00436-009-1647-y
44. Mircean V., Titilincu A., Vasile C. Prevalence of endoparasites in household cat (*Felis catus*) populations from Transylvania (Romania) and association with risk factors. *Vet. Parasitol.* 2010; 171. 163-166. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.03.005
45. Miro G., Montoya A., Jimenez S., Frisuelos C., Mateo M., Fuentes I. Prevalence of antibodies to *Toxoplasma gondii* and intestinal parasites in stray, farm and household cats in Spain. *Vet. Parasitol.* 2004; 126. 249-255. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.08.015
46. Murad B., Yankova S., Shiron M., Tonev A., Iliev P., Kirkova Z., Tsachev I. Clinical cases of *Aelurostrongylus abstrusus* and feline immunodeficiency virus co-infection in cats. *Tradition and modernity in veterinary medicine.* 2019; 4. 1(6): 46-50.
47. Nabais J., Margarida A.A., Gomes L., da Silva J. F., Nunes T., Vicente G., de Carvalho L. M. *Aelurostrongylus abstrusus* in cats and *Angiostrongylus vasorum* in dogs from Lisbon, Portugal. *Acta Parasitológica Portuguesa*. 2014; 20 (1/2): 35-40.
48. Payo-Puente P., Botelho-Dinis M., Carvaja Uruena A. M., Payo-Puente M., Gonzalo-Orden J. M., Rojo-Vazquez F. A. Prevalence study of the lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in stray cats of Portugal. *Journal of Feline Medicine and Surgery.* 2008; 10. 242-246. https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.12.002
49. Pechman R. D. Respiratory parasites. In: Sherding R. G. (Eds.). The cat: diseases and clinical management. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1994; 613-622.
50. Pennisi M.G., Netta P. P., Giannetto S. Lungworm disease in cats caused by *Aelurostrongylus abstrusus*. *Tijdschr Diergeneeskd.* 1995; 120: 263-266.
51. Rassouli M., Ghaderi J., Goudarzi A., Sabouri S. *Aelurostrongylus abstrusus* in a stray cat's blood stream. *Comparative Clinical Pathology*. 2014; 24 (4). https://doi.org/10.1007/s00580-014-1979-6
52. Stoichev I., Sherkov S., Halachev M. Pathology of cats from a region of Bulgaria with human endemic nephropathy. *Journal of Comparative Pathology*. 1982; 92. 99-107. https://doi.org/10.1016/0021-9975(82)90045-7
53. Traversa D., Di Cesare A. Cardio-pulmonary parasitic nematodes affecting cats in Europe: unraveling the past, depicting the present, and predicting the future. *Front Vet. Sci.* 2014. https://doi.org/1:11. 10.3389/fvets.2014.00011
54. Traversa D., Di Cesare A. Diagnosis and management of lungworm infections in cats. Cornerstones, dilemmas and new avenues. *Journal of Feline Medicine and Surgery.* 2016; 18. 7-20. https://doi.org/10.1177/1098612X15623113
55. Traversa D., Di Cesare A. Feline lungworms: what a dilemma. *Trends Parasitol.* 2013; 29: 423-430. https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.07.004
56. Traversa D., Di Cesare A., Conboy G. Canine and feline cardiopulmonary parasitic nematodes in Europe: emerging and underestimated. *Parasit. Vectors*. 2010; 3: 62. https://doi.org/10.1186/1756-3305-3-62
57. Traversa D., Di Cesare A., Lia R. P. New insights into morphological and biological features of *Capillaria aerophila* (Trichocephalida, Trichuridae). *Parasit. Res.* 2011; 109 (1): S97-104. https://doi.org/10.1007/s00436-011-2406-4
58. Traversa D., Guglielmini C. Feline aelurostrongylosis and canine angiostrongylosis: a challenging diagnosis for two emerging verminous pneumonia infections. *Vet. Parasitol.* 2008; 157: 163-174. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.07.020
59. Traversa D., Iorio R., Otranto D. Diagnostic and clinical implications of a nested PCR specific for ribosomal DNA of the feline lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda, Strongylida). *J. Clin. Microbiol.* 2008; 46: 1811-1817. https://doi.org/10.1128/JCM.01612-07
60. Traversa D., Lia R. P., Iorio R. Diagnosis and risk factors of *Aelurostrongylus abstrusus* (Nematoda, Strongylida) infection in cats from Italy. *Vet.*

Parasitol. 2008; 153: 182-186. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.01.024

61. Varcasia A., Brianti E., Tamponi C. Simultaneous infection by four feline lungworm species and implications for the diagnosis. *Parasitol. Res.* 2015; 114: 317-321. https://doi.org/10.1007/s00436-014-4207-z

62. Yanchev Y., Genov T. Helminth fauna of the wild cat, Felis silvestris Schreb., in Bulgaria. *Khelmintologiya*. 1978; 6: 81-101 (in Bulg. Russ, arid Engl, summ.)

63. Zajac A.M., Conboy G.A. Veterinary clinical parasitology. 8rd edn. Wiley-Blackwell, Chichester., 2012; 368.

The article was submitted 15.11.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Panova Olga A., 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" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, e-mail: panova@vniigis.ru

Khrustalev Alexander V., 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" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, e-mail: akhrustalev@yandex.ru

Porfiryeva Larisa Y., Kalininskaya district veterinary clinic of the station for combating animal diseases of the south-eastern district of moscow of the state budgetary institution "Mosvetobedinenie" (19, Yuryevsky per., Moscow, 111020), Moscow, Russia

Contribution of co-authors:

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

Khrustalev Alexander V. – identification of the pathogen, analysis of the data obtained, preparation of photographic materials, development of the design of the manuscript, writing the text of the manuscript.

Porfiryeva Larisa Y. – obtaining material for analysis, initial identification of the pathogen, preparation of sections of the manuscript.

All authors have read and approved the final manuscript.

Original article

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-33-49

Helminths of wild ungulates living in different regions of Belarus

Sviatlana V. Polaz

Republican Daughter Unitary Enterprise "Fish Industry Institute" of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry", Minsk, Republic of Belarus

lana.poloz@gmail.com, https://orcid.org /0000-0001-6722-3573

Abstract

The purpose of the research is to study of the features of the fauna of wild ungulates helminths on the different regions of the Belarus.

Materials and methods. The research was carried out in the State Research-Production Association "The Scientifically-Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for bio-resources" and in forestry farms of Belarus. The distribution of ungulates in winter was studied using winter route counts. GPS receivers were used for a reliable assessment of biotope confinement. We used the method of counting game animals by year-round mapping of encounters and tracks with the help of thermal imagers. To assess the seasonal distribution, the structure of the biocenosis was compared with the distribution of wild ungulate species on it. To assess the species selectivity of a certain biocenosis, the share of the species in the biotope and the share of this biotope in the farm were determined. The G-test was used to analyze the obtained materials. Animal feces were examined using the McMaster, sedimentation, and flotation methods.

Results and discussion. It is determined that in the model forest areas, the red deer dominates in the structure of ungulates. Biotopes with stand density above 0.6 ungulates sem. Reindeer are used to an insignificant extent ($K = -0.2$, $G = 42.7$, $P = 0.03$). The biotopic distribution of roe deer in spring and autumn does not differ significantly ($G = 116.7$, $P = 0.01$). At this time, animals prefer areas with a predominance of broad-leaved species (D or.) ($K = 0.86$, $G = 53.1$, $P < 0.01$). During the rutting season, pine-moss forests are preferred ($G = 37.4$, $P < 0.01$). In the warm season, the red deer prefers forests with a predominance of pine trees in the stand ($K = 0.6$, $G = 37.4$, $P < 0.01$). Bilberry pine forests are preferred by females in spring and summer (adults and semi-adults) ($K = 0.42$, $G = 32.4$, $P < 0.01$), males – mossy pine forests during the growing season ($K = 0.22$, $G = 28.91$, $P = 0.03$). In the parasitological situation in the red deer population, representatives of the Cestoda class are replaced by representatives of the Trematoda class. Representatives of the class Nematoda, genus Dictyocaulus sp. remain dominant. Representatives of the genus Strongylata, Trichostrongylus and Protostrongylus are constantly present. The genera Chabertia, Neoascaris, Cooperia are replaced, of the Nematoda class into the following genera: Oesophagostomum, Capillaria, *Muellerius capillaris* of the same class. The coefficient of common species composition of red deer and European roe worms is 46%, European roe and elk – 18, red deer and elk – 22%. On the territory of the Republic of Belarus, a rich species composition of helminths was revealed in European bison and a high degree of occurrence of helminths in this host. More than half of the animals in bison populations are carriers of infection with helminths: Belovezhskaya – 51.3, Polesskaya – 89.05%. Moreover, most of them have one type of helminths (from 50.0 to 66.7%) or two types of helminths (from 25.0 to 38.0%). Three or more types of helminths recorded simultaneously are rare. Representatives of the Nematoda class are 6 times superior to other classes of parasitic helminths ($G = 39.8$; $P < 0.01$).

Keywords: wild ungulates, helminth fauna, species composition, Belarus

Acknowledgement. The research was carried out with the financial support of the National Sciences Academy (Minsk, Belarus), Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus. We are grateful to Rafal Kowalczyk (Institute of Mammalian Biology, Polish Academy of Sciences) for the opportunity to master new methods and conduct scientific research within the framework of participation in the international project «Biodiversity of East European and Siberian large mammals at the level of genetic variability of populations» - BIOGEAST (2015).

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

There is no conflict of interests

For citation: Polaz S. V. Helminths of wild ungulates living in different regions of Belarus. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022;16(1):33–49. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-33-49

© Polaz S. V., 2022

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

Научная статья

УДК 619:576.895.1:639

Гельминты диких копытных, обитающих в разных районах Беларуси

Светлана Викторовна Полаз

Республиканское дочернее унитарное предприятие «Институт рыбного хозяйства» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь

lana.poloz@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6722-3573

Аннотация

Цель исследований: изучение особенностей гельминтофауны диких копытных в различных регионах Беларуси.

Материалы и методы. Исследования проводили в Государственном научно-производственном объединении «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам» и в лесхозах Беларуси. Изучение распределения копытных зимой проводили с помощью зимних маршрутных учетов. Для надежной оценки биотопической приуроченности использовали приемники GPS. Применяли метод учета охотничьих животных путем круглогодичного картирования встреч и следов с помощью тепловизоров. Для оценки сезонного распределения структуру биоценоза сравнивали с распределением на нем видов диких копытных. Для оценки видовой избирательности определенного биоценоза определяли долю вида в биотопе и долю этого биотопа в хозяйстве. Для анализа полученных материалов использовали G-тест. При изучении паразитофауны фекалии животных исследовали методами Мак-Мастера, осаждения и флотации.

Результаты и обсуждение. Установлено, что в лесных массивах из копытных доминирует благородный олень. Биотопы с плотностью популяции выше 0,6 у копытных сем. Олени встречаются не часто (K = -0,2, G = 42,7, P = 0,03). Биотопическое распределение косуль весной и осенью существенно не различается (G = 116,7, P = 0,01). Представители класса Cestoda в популяции благородного оленя сменяются представителями класса Trematoda. Представители класса Nematoda, рода Dictyocaulus остаются доминирующими, родов Strongylata, Trichostrongylus и Protostrongylus – постоянно присутствующими. Из класса Nematoda гельминты родов Chabertia, Neoascaris, Cooperia заменяются на *Muellerius capillaris* и представителей родов Oesophagostomum, Capillaria. Коэффициент общности видового состава благородного оленя и европейской косули составляет 46%, европейской косули и лося – 18, благородного оленя и лося – 22%. На территории Республики Беларусь выявлен богатый видовой состав и высокая степень встречаемости гельминтов у зубра. Более половины животных в популяциях зубра заражены гельминтами: в Беловежской пуще – 51,3, в Полесском заповеднике – 89,05%. При этом у большинства из них зарегистрирован один вид гельминтов (50,0–66,7%) или два (25,0–38,0%). Одновременно три и более видов гельминтов встречаются редко. Представители класса Nematoda встречаются в 6 раз чаще других (G = 39,8, P < 0,01).

Ключевые слова: дикие копытные, фауна гельминтов, видовой состав, Беларусь

Благодарность: Исследования выполнены при финансовой поддержке Национальной академии наук (Минск, Беларусь), Комитета по науке и технологиям Республики Беларусь. Мы благодарны Рафалю Ковальчику (Институт биологии млекопитающих Польской академии наук) за возможность осваивать новые методы и проводить научные исследования в рамках участия в международном проекте «Биоразнообразие крупных млекопитающих Восточной Европы и Сибири на уровне генетическая изменчивость популяций» – BIOGEAST (2015).

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Полаз С. В.* Гельминты диких копытных, обитающих в разных районах Беларуси // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 33–49.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-33-49

© Полаз С. В., 2022

Introduction

The habitat, the area of distribution of various species of wild ungulates, their territorial interference is important in the structural organization of wild ungulates in the territory of Belarus. Due to the creation of new and the development of existing populations of wild ungulates, the occurrence of territorial competition between them is possible. This process affects the natural settlement of red deer in places where they live together with European bison. In 2013, the process of depopulation of wild boar in the habitats of the species has begun owing to the outbreak of African swine fever in Belarus. With the rapid decrease in the number of wild boars, as the major food item of predators, the process of changing the number of roe deer is ongoing. This leads to a change in the structure of ungulate animal communities and may affect interspecies relationships.

Wild ungulate communities' structural organization determines the constancy of helminths fauna complexes. Changes in the structure of ungulate communities' lead to the occurrence of parasitic succession.

Helminth's fauna of wild ungulates is an important role in the formation of biocenoses. Any infection affects the condition and stability of the population. Helminths are one of the determining factors in the reproduction and vitality of young animals. Many types of helminths cause diseases leading to a deterioration of the physiological state and death of animals [16]. The high number of animals contributes to infection with helminths and increases their epizootic and epidemiological significance.

The total elimination of wild boar in the Republic of Belarus led to changes in biocenoses and had an impact on the parasitological situation in wild animal populations. This has caused to do helminthological research focused on studying the formation of parasitic succession of wild ungulates.

Evaluation of species composition of helminths of wild ungulates in view of the structural organization, the regularity of formation and functioning of ungulates' communities is a scientific basis for the preservation of their sustainability and biodiversity.

European bison (Bison bonasus) is a rare species of the world theriofauna living in a number of countries and on the territory of the Republic of Belarus. To further increase the size of its population, conservation and management measures have been developed. These measures are aimed at preserving the existing European bison population and enriching the population with new individuals as a result of the importation of animals from other countries.

At present, the problem of parasitoses is very relevant. In Belarus work is under way not only to conserve bison but also to acclimatize other animals for further breeding. Therefore, it is necessary to have complete information about the species of helminths that may impact on the viability of bison and to know factors affecting the viability of helminthosis. One of these factors is the transmission of helminths from one organism to another. And for that reason, it is important to know helminths of what animals can get on another animal and can them to adapt parasitizing in the future.

Materials and methods

Scientific research was carried out in The State Research-Production Association "The Scientifically-Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for bio-resources" and in forestry farms of Belarus (fig. 1) in period from 2008 to 2019. They are located in different regions of the Republic of Belarus. Negoreloe experimental forestry farm is in the central region. Ostrovec forestry farm is in the northwest region. Polessky radiation-ecological reserve is in southeast region, Belovezhskaya Pushcha National Park – in the southwestern region of the Republic of Belarus.

Fig. 1. Forestry farms

According to recommendations, the winter distribution of ungulates was studied using winter route censuses. Assessment of the structure population of Cervidae was carried out on long-

term accounting transects. The width of the accounting strip where excrement is being evaluated has a projection 2 meters wide, censuses was carried out by quarters and sections being allocated according to forest inventory materials (type of forest, composition, age and thickness of stand). GPS receivers were used for a reliable assessment of biotopic confinement. The distribution of ungulates in the warm season was studied using the methods of fixing traces of vital functions on the substrate. The method of accounting of game animals was used by year-round mapping of encounters and tracks using thermal imagers. The accounting of game animals by the method of year-round mapping of encounters and traces is based on year-round registration of encounters of ungulates at stations that allows establishing the number and distribution of large animals living there. The basis for this is the regular registration, mapping and research of animal encounters, traces of their vital functions and other monitoring. For this, the places of meeting of animals by species, their tracks on snow or soil, traces of their vital activity are registered. For this, the places of meeting of animals by species, their tracks on snow or soil, traces of their vital functions are registered. When registering an animal, a binding was carried out using GPS equipment to a certain quarter and allotment.

Visual observation was carried out using thermal imaging devices with detailed fixation of the place, date, time, type of animal, their number, and, if possible, gender and age (age group). For moose and deer, age groups were indicated whenever possible: underyearlings, yearlings, and adults. For roe deer, only fingerlings and adults are indicated.

To assess the seasonal distribution, the structure of the biocenosis (according to the stations' forest taxation description) was compared with the distribution of wild ungulate species on it. To assess the selectivity of species of a certain biocenosis, the share of the species in biotope and the share of this biotope in the farm were determined. Such studies were carried out for the winter, spring and rutting seasons. The G-test was used to analyze the obtained materials.

To study the parasite fauna, laboratory methods of sedimentation and flotation were used. The study of the occurrence, composition, degree of infection, the coefficient of commonness of wild ungulate helminths, helminthocoproscopic (ovoscopy and larvoscopy) research, cultivation of ruminant strongylates, cultivation and identification of invasive nematode larvae were carried out according to the Lynn Shore Garcia [8] methodology. Parasitological studies were carried out according to the McMaster test, mastered within the framework of participation in the BIOGEAST program (The Seventh Framework Program of Marie Curie - People, International Research Staff Exchange) (2015). The McMaster test was carried out as follows: 3 g of fresh feces were thoroughly mixed with 42 ml of water and filtered through a 100-mesh sieve into a crucible. The filtrate was placed in 2 centrifuge tubes and centrifuged for 3 min. The supernatant was discarded and the precipitate was again diluted with saturated saline solution and thoroughly mixed. The suspended sediment was collected from each test tube by a Pasteur pipette and filled in each chamber of the MacMaster glass. Following this, the slide is examined under the × 4 lenses of the microscope objective and all parasite eggs and larvae in each chamber are counted. This number is multiplied by 50, which gives the number of eggs and larvae per gram of feces.

Results and discussion

A complex of factors influences the dynamics of the number of ungulates. The structure of phytocenoses is an essential factor determining the seasonal distribution of ungulates. Due to the decrease in the number of wild boars in 2013, some regularities were noted in the change in the structure of populations not only of wild boar, but also roe and elk. This process is quite interesting from both theoretical and practical (hunting) point of view and requires a detailed investigation.

In Italy, an analysis of the distribution patterns between sex and age classes of fallow deer (Dama dama) was carried out in addition to modifying the aggregation patterns as a function or degree of coverage in different habitats in the coastal sub-Mediterranean environment. The animals preferred large open meadows, small clearings, forests and swamps. Choice of habitat varies greatly depending on gender and age [1].

The distribution of forest formations on the territory of the Palush Forestry in the Ostrovets Forestry Enterprise is given in Table 1. Among the forested lands, conifers are dominant: they account for 69.3% of the area, among them pine forests occupy 59.3%, and spruce – 10.0%. Partially ripe and ripe prevail in the stand. The stand is

mainly represented by the following species: pine, birch, black alder, aspen, maple, oak, hornbeam and others are present in small quantities. There are very well developed European and warty euonymus, goat willow, hazel, wild apple and others in the undergrowth. The cover contains forbs, which are also well developed. Open areas account for 37.7%.

The ecological structure of forest ecosystems is quite similar. On the territory of all model farms, pine forests noticeably predominate over other types of forest ecosystems (table 1). As a rule, these are middle-aged forest complexes, about 50 years old. The territory is dominated by uplands, and the share of coniferous biotopes, on average, is 63.7%, small-leaved forests occupy about 28.2% of the area of stations.

Table 1

Ecological structure of forest ecosystems of the Negorelsky experimental forestry farm and Ostrovets forestry farm

Predominant tree species	Negorelsky experimental forestry farm, %	Ostrovets forestry farm, %
Pine	40.17	60.39
Birch	20.05	17.54
Spruce	12.62	9.78
Black alder	19.78	1.64
Broad-leaved formations	1.30	0.14
Aspen	0.51	1.54
Others	5.57	8.97

In assessing the spatial biotopic distribution, the following seasons were identified: winter, spring, summer (rutting period for roe deer), autumn or rutting period. For convenience and clarity of presentation of the materials, the following tables show data on the distribution of ungulates of the deer family in the territory of the stations by the prevailing species. In the text, additional materials will be provided by forest types. The analysis for each species is carried out separately for stations. The combined group "others" in the table on the seasonal distribution of ungulates includes willows, fellings of different ages. For elk and roe deer, these biotopes are quite important, and play a significant role in the warm season, accounting for 38.8 and 42.8% of all registrations on average ($G = 0.2$, $P > 0.05$). The share of this group of biotopes when registering the distribution of red deer is not so great, 21.2% ($G = 5.24$, $P < 0.05$ and $G = 7.44$, $P > 0.01$, respectively).

For all forests, biotopes with a growing density of more than 0.6 are used by ungulates of the Deer family to an insignificant extent ($K = -0.2$, $G = 42.7$, $P = 0.03$), regardless of the abundance of forage.

Before the beginning of the biological year 2016, the density of red deer in the Ostrovets forestry farm in the territory of the Palushy forestry was 5.2, elk - 0.6, European roe deer 6.5 individuals per 1000 hectares of land.

In this forestry, elk prefers forest complexes with a predominance of aspen and gray alder forests and nettle forest types with rich herbage already in April ($K = 0.48$, $G = 42.7$, $P = 0.03$). These biotopes, as well as willows, play an essential role and dominate in the warm season. In general, the distribution of elk at the station significantly differs from its ecological structure in spring ($G = 137.3$, $P < 0.01$), summer ($G = 160.3$, $P < 0.01$) and autumn ($G = 141.5$, $P < 0.01$). The most similar indicators of the distribution of elk in summer and during the rut ($G = 13.7$, $P = 0.05$). In the autumn period, a preference for sphagnous pine forests was noted (table 2).

An analysis of the relationship between population density and habitat characteristics is important for assessing the ecological needs of a species, its potential impact on ecosystems, and its interspecific interactions [4].

Various methods are used to obtain information on the distribution and use of the habitat of local ungulate populations. Aerial photography from the air over closed coniferous forests is unreliable due to the invisibility of animals. Snow footprint surveys can be used to determine the distribution of animals in midwinter and their habitat in dense forests. Deer tracks are recorded on straight transects and habitat areas are measured at 50-meter intervals [3].

Age ratios are regularly used to monitor ungulate populations. However, it remains unclear what conclusions can be drawn from this index, as multiple life cycle changes can affect the observed ratio. All vital signs can influence the ratio of calves to adult females [7].

Research results have shown that males can influence the population dynamics of ungulates by being a component of population density, and

Table 2

Seasonal distribution of populations of wild ungulates in the Ostrovets forestry, %

Predominant tree species Pine	Spring			Summer			Autumn		
	Elk	Deer	Roe	Elk	Deer	Roe (rutting season)	Elk (rutting season)	Deer (rutting season)	Roe
Pine	8.0	44.44	18.18	5.26	38.71	26.09	5.88	56.52	8.33
Birch	4.0	5.56	4.55	0.0	9.68	0.0	0,0	2.17	2.78
Spruce	0.0	2.78	0.0	0.0	0.0	0.0	5.88	2.17	2.78
Black alder	20.0	2.78	4.55	15.79	6.45	0.0	11.76	4.35	0.0
Broad-leaved formations	16.0	19.44	31.82	21.05	12.90	17.39	11.76	17.39	38.89
Aspen	24.0	5.56	9.09	10.53	3.23	4.35	23.53	2.17	2.78
Others	28.0	19.44	31.82	47.37	29.03	52.17	41.18	15.22	44.44

considering the mechanisms by which males can actively influence the demographic indicators of females, it is confirmed that the choice of measure density is important [9].

Currently, the topical issue is the creation of free-living and dynamically developing populations of fallow deer. Fallow deer has a very wide range of forages, but is prone to consumption. She prefers an easily digestible, less coarse and lignified food that is rich in nutrients and water, in contrast to elk and red deer. For free-living animals living in Western Europe, such stations are open mosaic areas of the territory - small island forest areas, with an area of about 1.5-2 hectares among large agricultural fields, as well as large meadow complexes with bushy areas. The most optimal areas are forest complexes with an area of 50-180 hectares, with a long forest edge. Animals prefer overgrown areas of clearings, which are 12-20 years old. Such territories are characterized by rich undergrowth and an abundance of herbaceous vegetation. The fallow deer avoids large forest complexes with small undergrowth. In forest complexes, animals choose areas with young forest crops. Deciduous and broad-leaved forests are also favorable. The most preferred areas for deer are areas with a share of open field areas of about 60-70%.

"Explanations" for sexual segregation of ungulates are no more than prerequisites for habitat segregation, because they do not include a competitive habitat selection model. One factor is proposed based on the ideal free distribution of mutually competing, optimally foraging individual animals [5].

The main part of the population, including free-living individuals of this species, is concentrated in the western part of Poland. This may be due to the high proportion of agricultural landscapes in the area under consideration. In the non-growing season, animals prefer to concentrate on fields with winter wheat, alfalfa, corn, sugar beet, clover, winter rape. Sometimes such herds in the autumn-winter period can include 18-24 individuals. When carrying out measures to form free-living populations of this species, it is necessary to take into account the potential for competition of fallow deer and roe deer for habitable biotopes.

The availability and availability of food is essential in the formation of free-living populations. As an example, let us give the formation of a free-living population of fallow deer on the territory of Boranovichi forestry farm. When 30 individuals of fallow deer were released in March 2012, the main part of the herd migrated to the floodplain areas of the Shchara River into the upland coniferous forest complex. The distance was about 16 km currently, on the territory of the Baranovichi forestry, the population is located in the same area of the territory where the feeding conditions are quite favorable, and the pressure of predators on animals is not significant. Since the release of animals to the land, the number of fallow deer has not changed. The lack of feed, combined with other factors, led to a slowdown in the growth rate of this group. These features of the formation of the free-living population of the fallow deer, as well as the influence of predators on it, were the basis for developing recommendations for creating a similar grouping of the species on the territory of the Ostrovets forestry farm.

Competitive interactions between different species of ungulates are an important aspect of

the formation of their stably developing populations. Biotopic competition is the most significant for free-living populations. The presence of animals in different biotopes, as well as their seasonal change, is the most important parameter in assessing this type of relationship [13]. The annual load on various components of biocenoses can be judged by the most used biotopes. Besides this, an assessment of the impact of each species on individual biotopes provides information on interspecific interactions [15].

When studying the effect of group size on feeding behavior and the level of synchronization of movements among females of the fallow deer population in Central Italy, it was found that the proportion of foraging and synchronization of movements decreased with increasing group size. The proportion of foraging was higher in animals at the edge of the group than in animals in the center of the group; hence, there seems to be a trade-off between protection from predators and foraging interventions, both of which diminish as the food supply decreases [6].

The influence of the density of individual species on the components of biocenoses is considered in the work of R. J. Putman [14]. Studies have shown that even species that are similar in lifestyle (different species of deer) are not able to compete with each other when using different components of the same resource (food preferences). However, with an increase in the density of individuals of the species, a complete overlap of the used food objects occurs, which leads to the use of atypical habitats (field ecotype of roe deer), or migration.

The main difficulty is assessing the density of interacting species in different biotopes throughout the year. The most preferred period for collecting baseline data is winter with stable, but not high, snow cover. When conducting research at unfavorable times, only the potential for competition can be identified.

Interesting results on the spacing and interference between roe deer *Capreolus capreolus* and fallow deer *Dama dama* in natural conditions. These two species most often use similar biotopes: ecotonic areas between forest and field. The large groups, occupying ecotonic and forest areas of the territory, formed by fallow deer in the inhabited places by them. There is a small population of roe deer in such areas and it prefers open field biotopes. The density of roe deer is higher in areas where the population of fallow deer is small or do not occur, i.e., where food resources are sufficient for each species and there is no trophic competition [2].

We studied the effect of changes in the density of red deer on the formation of parasitic succession. The helminth fauna of wild animals of the Deer family is diverse. Natural and climatic conditions of the Republic of Belarus are favorable for the development of helminthoses in wild ungulates. The composition of helminths and infection by them are different and depend both on the specificity of the parasite and on biotic and abiotic factors, on the geographical distribution, nutritional characteristics.

Moderately warm summers, atmospheric precipitation and rather mild winters have a positive effect on the circulation and preservation of the invasive beginning in the external environment.

Helminths' locations are closely related to their hosts and geographic environment. Depending on the animal's visits of the lands, humidity, plant species composition, and additional reservoir hosts, the intensity of infection external environment and other factors can be identified dangerous, safe and medium-dangerous biocenosis. Dangerous biocenoses include young deciduous forests, old mixed forests with a well-developed herbaceous cover and deciduous undergrowth, forest and floodplain meadows, meadow bogs. The safest for wild ungulates are boggy deciduous forests, sphagnum bogs, young forest stands, old dry and sphagnum pine forests, since the passage of the full life (reproductive) cycle of the helminth is impossible here. Medium hazardous areas include soils with a neutral pH index, with a well-developed herb cover, an average density of middle-aged plantations, suitable for the development of trichostrongylids, protostrongylids, trichocephalids, etc. They also include dry mixed forests, old spruce, young coniferous forest.

One of the most important factors that form the helminth fauna of animals is the possibility of interchange of parasites between individuals of different ungulate species. Helminth eggs together with animal feces enter the external environment, thereby contributing to its pollution and the spread of helminthiases among other animals.

Currently, one of the main factors in the formation of helminthic-faunistic complexes is a human activity, which resulted in the reduced role of land as a natural forage reserve for ungulates, but increases the value hunting farms and veterinary

prophylactic measures, which are aimed at maintaining the strength and health of the herd. As a result of acclimatization and introduction, there is an expansion of the species composition and an increase in the number of animals, but the analysis and registration of the helminthological composition of the imported individuals is not carried out, which leads to the appearance of new types of helminths on the territory of Belarus, often pathogenic for aboriginal species. The continuously increasing anthropogenic impact makes it relevant to carry out an integrated assessment of the state of the environment, analysis of the formation and development trends in red deer populations.

Also, a factor that forms the helminth fauna of animals is the possibility of interchange of parasites between individuals of different species of ungulates.

Helminthological studies of mouflon and European fallow deer were carried out in the Ostrovets forestry in 2016. Both species – captive type of keeping where you create the most favorable conditions for the existence of the animal, resulting in an increase in their numbers, which increases their economic importance. With an increase in the density of ungulates, the depletion of young animals is observed, the structure of the population is disturbed, the reproductive capacity decreases, which leads to intensive infection with helminths and outbreaks of helminthosis, to significant changes in the ecology of all joints of biogeocenoses, against which there is an increase in the number of diseases of various etiologies, which inevitably affects the state and the size of the ungulate population.

Ostrovets forestry is located in the temperate zone of the so-called Atlantic-continental region. The climatic conditions of this zone are created mainly under the influence of the sea and continental air of temperate latitudes. The winter is relatively mild, with frequent thaws; such conditions have a positive effect on the circulation and preservation of the invasive beginning in the external environment. Accordingly, the fallow deer parasite fauna closely correlates with environmental conditions in individual hunting farms.

When assessing the infection of the European fallow deer in winter, it was found that the total extensiveness of the infection is 71.4%. The helminth fauna is represented by the class Nematoda. The study identified 8 genera of helminths: Dictyocaulus, Strongylata, Trichostrongylus, Protostrongylus, *Muellerius capillaris*, Cooperia, Ostertagia, Oesophagostomum. The dominant genus is Dictyocaulus (dominance index (DI) – 32.5%) and *Muellerius capillaris* (DI – 31.25%) (table 3).

Representatives of two classes Trematoda and Nematoda have been identified in the mouflon in the Ostrovets forestry. The total infection rate was 66.7%, which is lower than that of the fallow deer population in the same aviary. The dominant species in the mouflon population is *Muellerius capillaris* (DI – 61.5%), as in the case of the European fallow deer population (table 4).

The appearance of nematodes of the genus Paramphistomum and the specie *Fasciola hepatica* in biosamples of mouflon in winter with an infection rate of 4.7% and 9.5%, respectively, due to colonization by imaginal paramphistomas of the body and the attainment of a new generation of puberty by trematodes. Trematode of the genus Paramphistomum and the specie *Fasciola hepatica* develops with the participation of a mollusk, an inhabitant of deep-water bodies of water with a moderate current with well-developed aquatic vegetation. The active life of mollusks begins in the second half of April – the first ten days of May, and continues until the onset of autumn frosts.

When introduced, animals acquire indigenous parasites, while infecting territories with new species of helminths imported together with acclimatizers, some of which cannot adapt to new conditions of existence for one reason or another, while others find their owners. European fallow deer, like European mouflon, and like other species of acclimatized and re-acclimatized animals, getting into new ecological conditions, lose part of the species diversity of parasites. This is facilitated by the absence of intermediate hosts of certain types of parasites, specific vectors, changes in climatic regimes, changes in diet and other factors. On the other hand, animals in new conditions can be invaded by parasites that were not characteristic of them earlier due to direct contact with the inhabitants of the new region.

According to the data of the study, it was found that worms of the nematode class are the most common in fallow deer and mouflon. The following genera predominate: Dictyocaulus, Muellerius capillaris, Protostrongylus, Oesophagostomum (table 5). The specie *Muellerius capillaris* occurs in all seasons with predominance in winter – the extensiveness of infection is 38.6±4.3, a gradual decrease in the spring period is 17.5±4.45, and the

Table 3

European fallow deer helminths in Ostrovets forestry farm (winter 2015–2016)

Genus/Species of helminth	Ostrovets forestry farm			
	Occurrence, %	Abundance index, specimens	Dominance index, %	Infection intensity
Dictyocaulus	31.4	0.74	32.5	2.5±0.6
Strongylata	2.9	0.03	1.25	1
Trichostrongylus	5.7	0.09	3.75	1.5±0.5
Protostrongylus	71.4	0.2	11.4	1.75±0.25
Muellerius capillaris	34.3	0.71	31.25	2,18±0.21
Cooperia	2.8	0.03	1.25	1
Ostertagia	5.7	0.2	8.75	2.33±0.33
Oesophagostomum	17.14	0.2	8.75	1.17±0.17

Table 4

Fauna of mouflon helminths in Ostrovets forestry farm (winter 2015-2016)

Genus/Species of helminth	Ostrovets forestry farm			
	Occurrence, %	Abundance index, specimens	Dominance index, %	Infection intensity
Nematoda				
Dictyocaulus	23.8	0.52	9.4	2.25±0.9
Strongylata	4.7	0.05	0.08	1
Trichostrongylus	4.7	0.05	0.08	1
Protostrongylus	14.3	0.57	10.3	4±2.1
Muellerius capillaris	42.9	3.43	61.5	7.64±3.36
Oesophagostomum	4.7	0.1	1.7	1
Trematoda				
Paramphistomum	4.7	0.1	1.7	1
Fasciola hepatica	9.5	0.33	6	3.5±0.5

Table 5

Dominance Index (DI) and occurrence (Oc) of helminths in European fallow deer and Mouflon in 2015–2016

Genus/Species of helminth	Fallow deer						Mouflon					
	Winter		Spring		Summer		Winter		Spring		Summer	
	DI, %	Oc, %	DI, %	Oc, %	DI, %	Oc, %	DI, %	Oc, %	DI, %	Oc, %	DI, %	Oc, %
Dictyocaulus	32.5	31.4	-	-	-	-	9.4	23.8	35.7	13.3	18.75	12.5
Strongylata	1.25	2.9	-	-	87.2	46.7	0.08	4.7	-	-	-	-
Trichostrongylus	3.75	5.7	73.5	11.1	-	-	0.08	4.7	-	-	31.25	12.5
Protostrongylus	11.4	71.4	-	-	4.5	20.0	10.3	14.3	-	-	-	-
Muellerius capillaris	31.25	34.3	35.3	22.2	0.4	6.7	61.5	42.9	35.7	13.3	12.5	8.3
Ostertagia	1.25	2.8	0.41	-	-	6.7	-	-	-	-	18.75	12.5
Oesophagostomum	8.75	5.7	-	-	-	-	1.7	4.7	-	-	-	-
Cooperia	-	17.5	7.4	-	-	20.0	-	-	-	-	-	-
Capillaria	-	31.4	-	-	-	-	-	-	21.4	13.3	12.5	8.3
Paramphistomum	-	2.9	-	-	-	-	1.7	-	-	-	-	-
Fasciola hepatica	-	5.7	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-	-
Moniezia expansa	-	71.4	-	-	-	-	-	-	7.1	6.7	-	-

extent of infection is reached in the summer period – 7.5±0.8. Studies have also shown a certain resistance of larvae to low temperatures, which is evidence that some of the non-infective nematode larvae can remain viable during the winter and induce spring infection of intermediate hosts (terrestrial molluscs) immediately after their release after hibernation.

The coefficient of species composition commonality of fallow deer and mouflon is 60%. There is no data on the species typical for the territory of Belarus only for European fallow deer and mouflon. Thus, we can conclude that the modern fauna of fallow deer and mouflon helminths on the territory of the Republic of Belarus is formed on the basis of the interchange of parasites between individuals of different ungulate species.

In 2014–2016, helminthological studies of European roe deer were carried out in the Negoreloye Experimental Forestry farm. During the helminthological study, it was carried out that in winter roe deer have helminths of 2 classes: Nematoda and Cestoda; Strongylus sp. class Nematoda. EI is 12.8% (II – 1–4 lv. in f.z.m.). In spring, the studied animals were infected with 8 species of nematodes. Class Cestoda representatives were not observed. The occurrence of Dictyocaulus sp. amounted to 17.9% (II – 1–5 lv. in f.z.m.). In summer, 2 classes of helminths: Nematoda and Cestoda were registered in roe deer. 9 nematode species and 1 cestode species are of them. The maximum occurrence was observed for Dictyocaulus sp. –17.9% (II – 1–2 lv. in m.f.v.) In the autumn period, *Moniezia expansa* appears, the occurrence of which is 12.8% (II – 1–4 ov.in m.f.v) (fig. 2).

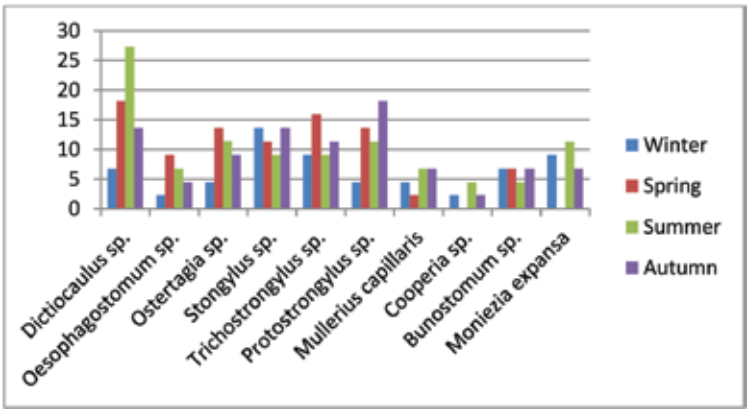

Fig. 2. Occurrence of helminths in *Capreolus capreolus* in the Negoreloye experimental forestry farm in different seasons

A coproscopic study of biosamples in winter revealed two classes of helminths: Nematoda and Trematoda. The maximum extensiveness of the infection of Parafasciolopsis fasciolaemophora is 45.5% (II – 3–6 lv.in m.f.v.). In the spring period, the studied animals also had two classes of helminths: Nematoda and Trematoda. As in the winter period, the maximum EI was observed in *P. fasciolaemophora* and amounted to 55.5% (4–9 lv. in m.f.v.). In summer, trematodes of the species *P. fasciolaemophora* prevailed over other species. EI – 90% (II – 4–8 lv.in m.f.v). The trematode *P. fasciolaemorha* develops with the participation of the mollusk *Planorbarius corneus* (horny coil), an inhabitant of deep-water bodies with a moderate watercourse with well-developed aquatic vegetation. In such reservoirs, the elk finds salvation from bloodsuckers, finds food and watering place. Infection of animals occurs when drinking or eating aquatic plants. In the autumn, the infestation of *P. fasciolaemophora* decreases. The extensiveness of the infection is 44.4% (IS – 3-8 lv. in m.f.v.) (fig. 3). We have found that P. fasciolaemophora is currently found in Belarus only in elk, which confirms its status as the main host.

The identification and study of the species composition of helminthoses in the summer-autumn period in red deer was carried out on the territory of the Negoreloye experimental forestry and the aviary of the Ostrovets forestry farm. Representatives of 5 genera of helminths have been registered in the noble deer of the Negoreloye Experimental Forestry farm. Representatives of 5 genera of helminths have been registered in the noble deer of the Negoreloye Experimental Forestry farm. On the territory of the aviary of the Ostrovets forestry farm, 5 genera of helminths were also identified, which were different in their composition (table 6).

The results of our research show that the characteristics of the helminth fauna depend on the

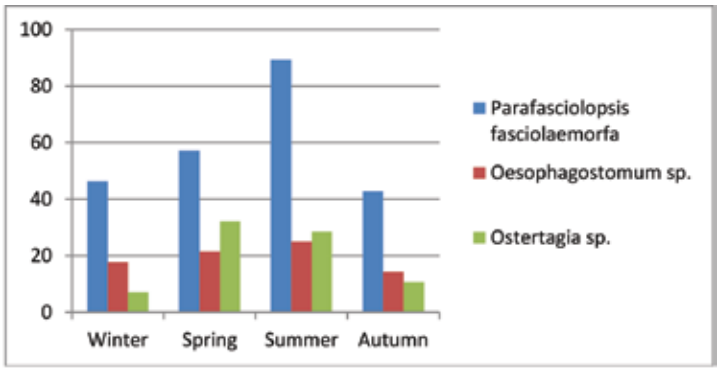

Fig. 3. Occurrence of elk helminths (*Alces alces*) in the Negoreloye experimental forestry farm in different seasons

Table 6

Fauna of red deer helminths in forestry in the summer-autumn period

Genus/Species of helminth	Ostrovets forestry farm	Negoreloye Experimental Forestry farm
Dictyocaulus	16.7/0.17/17	27.8/0.39/47
Strongylata	66.7/1.7/62.5	11.1/0.17/20
Trichostrongylus	16.7/0.17/17	5.6/0.06/7
Protostrongylus	16.7/0.17/17	5.6/0.06/7
Muellerius capillaris	-	11.1/0.17/20
Cooperia	33.3/0.33/12.5	-

Note. Occurrence, % / abundance index / dominance index, %

nature of the territories and environmental conditions (climate, diet, geographical distribution, contact with other ungulates and contact with livestock [10].

The transmission factors of helminths are water, soil, feed. The data from the study of soil, plants and standing water bodies are given in table 7, from which it follows that the contamination of biological samples with eggs and helminth larvae correlates with the fauna of helminths in animals in the summer-autumn period. The maximum number of Strongyloides sp. observed near territories where wild ungulates graze (50 m from the edge of the forest) 9%. Near the population of wild ungulates, the level of infestation of territories by helminths increases. The number of eggs Oesophagostomum sp. prevails and amounts to 13.4%. Also, near the population of wild ungulates, the contamination of plants with pathogens of helminthoses is 37.5%. With the onset of favorable conditions and the establishment of an optimal temperature regime, the contamination of biological samples increases. Consequently, soils, water bodies and plants serving as food for wild ungulates play an essential role in the formation of the helminth fauna.

We found that in the Negoreloye experimental forestry farm, the occurrence of helminths in European roe deer and elk has a apparent dependence on the season. In European roe deer, the minimum occurrence of helminths is observed in winter (23.1%). By the spring, the occurrence increases and is 25.6%, reaching maximum values in summer (28.9%). From autumn to winter, the frequency of occurrence decreases and is 25.7%. The occurrence of helminths in elk has the same tendency as in roe deer – an increase from winter to summer, with a decrease in autumn. The percentage of occurrence of helminths in elk in all seasons is higher than in roe deer and deer, and amounts to 63.6–83.3%.

In red deer, the occurrence of helminths in different seasons of the year in Negoreloye experimental forestry farm varies insignificantly. There is a decrease in it from the winter period (41.7%) to spring (38.1%), a gradual increase in the summer (44.4%) and a slight decrease in autumn (42.9%) (fig. 4).

Contacts of wild ungulates in pasture areas lead to a common composition of helminths, which is found during coproscopic reseach.

The total destruction of wild pig as a preventive measure to control the spread of the pathogen of African pig fever has led to an increase in the number of red deer and a gradual stabilization of its population density. There is also a gradual increase in the number of European roe deer. The number of elk was not significantly changed. In the parasitological situation in the red deer population, representatives of the Cestoda class are replaced by representatives of the Trematoda class (fig. 5).

In the dynamics of representatives of the fauna of wild ungulate helminths, researcher [17, 18] noted significant fluctuations in the occurrence of

Table 7

Contamination by helminths of territories near the distribution of populations of wild ungulates in the summer-autumn period

Biological sample	Helminths species		
	Close to wild ungulate populations	Biotope of wild ungulates (50 m from the edge of the forest)	Biotope of wild ungulates (200-500 m from the edge of the forest)
Soil	Strongyloides sp. – 1.2%	Strongyloides sp. – 9%	Strongyloides sp. – 5.3%
Standing water bodies	Nematodirus sp. – 1% Oesophagostomum sp. – 13.4% Ostertagia sp. – 11.8% Trichostrongylus sp. – 4.2% Paramphistomum sp. – 6.8%	Not found	Trichostrongylus sp. – 3.6%
Plants	Strongyloides sp. – 6.8% Dictyocaulus sp. – 16.4% Oesophagostomum sp.– 14.3%	Not found	Strongyloides sp. – 7.4% Dictyocaulus sp. – 4.8%

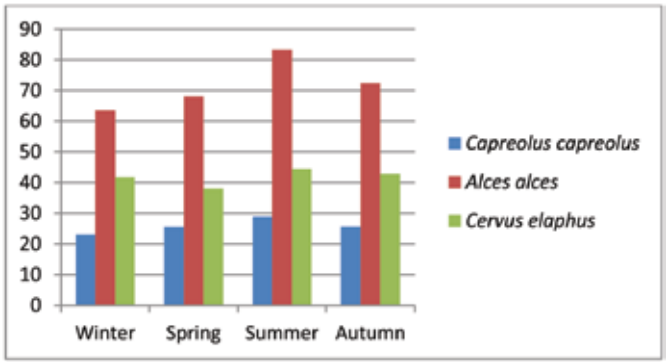

Fig. 4. The occurrence of helminths in animals of the Deer family in the Negoreloye experimental forestry farm in different seasons

the main species of helminths, when some fell out and others became widespread. Dominating are the representatives of a class Nematoda genus Dictyocaulus, representatives of the genus Strongylata, Trichostrongylus, Protostrongylus are constantly present. The genera Chabertia, Neoascaris, Cooperia of class Nematoda are replaced by the following genera: Oesophagostomum, Capillaria, Muellerius of the same class. At the same time, the coefficient of common species composition of red deer and European roe is 46%, European roe and elk – 18%, red deer and elk – 22% (fig. 6).

In a resich of samples of red deer in the Belovezhskaya Pushcha on the territory of the Republic of Belarus it was found that there are worms Classes Nematoda and Trematoda. The total occurrence of helminths in red deer was 53.8%. On average, there were 1.5±0.5 types of helminths per infected individual. Representatives of the Trematoda class dominated. Dominance index of Paramphistomum sp. amounted to 55.6% (table 8).

In a resich of samples of red deer in the Belovezhskaya Pushcha on the territory of the Republic of Poland, it was found that the occurrence of helminths is 73.3%. They belong to the class Nematoda. On average, there were 2.1±0.5 types of helminths per infected individual (table 9).

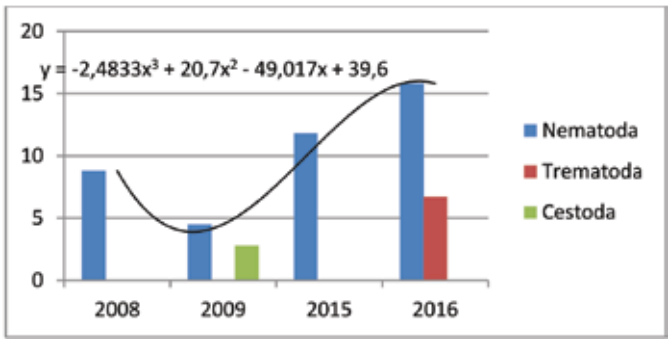

Fig. 5. Changes in the occurrence of helminth class by red deer in the territory of the Negoreloye experimental forestry farm for the period from 2008 to 2016

Polesskiy radiation-ecological reserve appeared in the Republic of Belarus in 1988 shortly after the Chernobyl disaster. This is the Belarusian exclusion zone with an area of 217 thousand hectares. The reserved zone occupies part of the Bragin, Khoiniki and Narovlya districts of the Gomel region. On the territory of the Polesskiy Radiation-Ecological Reserve, which is located in the southern region of the Republic of Belarus, the occur-

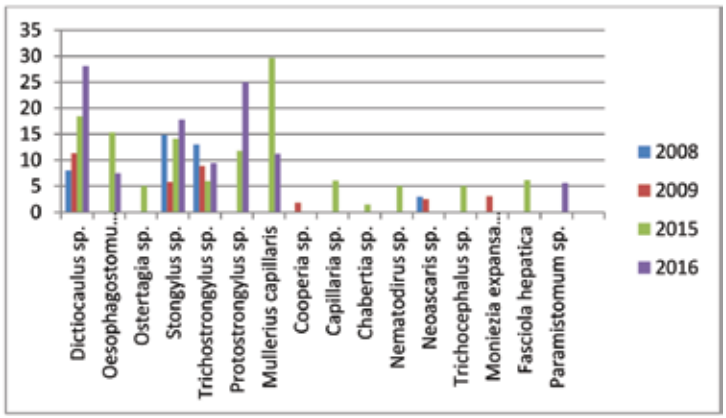

Fig. 6. Changes in the occurrence of helminths in red deer by genus on the territory of the Negoreloye experimental forestry farm over the period from 2008 to 2016

Table 8

Fauna of red deer helminths in Belovezhskaya Pushcha on the territory of the Republic of Belarus (2015)

Genus/Species of helminth	Occurrence,%	Abundance index, specimens	Dominance index,%
Nematoda			
Dictyocaulus	7.7	0.08	11.1
Strongylata	7.7	0.08	11.1
Muellerius capillaris	15.4	0.15	22.2
Trematoda			
Paramphistomum	30.8	0.38	55.6

Table 9

Fauna of helminths and occurrence of helminths in red deer in Belovezhskaya Pushcha on the territory of the Republic of Poland (2015)

Species of helminths	Occurrence,%,	Intensity of helminth infection, specimens
Nematoda		
Dictyocaulus sp.	20.0	1-2
Muellerius sp.	20.0	2-5
Oesophagostomum sp.	20.0	1-2
Ostertagia sp.	33.33	1-8
Trichostrongylus sp.	13.33	2-4
Strongyloides sp.	6.7	2
Capillaria sp.	6.7	3

rence of helminths in European roe deer is 97.4%, with mixed invasion dominating. On the territory of the reserve, in European roe deer registered 18 species of helminths (table 10) belonging to three classes: Trematoda – 4 species (22.2%), Cestoda – 3 species (16.6%) and Nematoda – 11 species (61.1%).

On the territory of the Polesie radiation-ecological reserve, the occurrence of helminths of different species in a wild horse is different. The dominant species is Parascaris equorum, which belongs to the class Nematoda. The specie Anoplocephala perfoliata, a member of the Anoplocephalidae family of the Cestoda class, and the specie Delafondia vulgaris of the Strongylidae family of the Nematoda class, are rare. In total, in the wild horse 6 species of helminths belonging to two classes: Cestoda – 1 species and Nematoda –5 species were registered of the reserve territory (table 11).

At the end of the last century, more than 60% of the world population of bison was kept in Belovezhskaya Pushcha (Belarusian and Polish parts), which determined the need for international research on its conservation, dispersal and use. In 1991, on the territory of the Republic of Belarus, there were 3 populations of European bison - Belovezhskaya, Borisov-Berezinskaya and Ozerskaya. There were 353 animals in them. In the same year, the Nalibok group with a herd of 15 animals was added to the existing populations. In 1996, 17 bison were brought to the Polesie Radiation and Ecological Reserve, establishing the

Table 10

Species composition of helminths, occurrence and intensity of infection of helminths of European roe deer in the Polessky Radiation-Ecological Reserve of the Republic of Belarus

Species of helminths	Occurrence, %	Intensity of helminth infection, specimens	Localization, organ
Fasciola hepatica	12.5	1-3	Biliary tract of the liver
Dicrocoelium dendriticum	6.3	1-4	Biliary tract of the liver
Parafasciolopsis fasciolaemorpha	43.8	10-42	Biliary tract of the liver
Liorchis scotiae	18.8	5-65	Rumen
Taenia hydatigena larvae *(Cysticercus tenuicollis)*	15.7	1-2	Serous membrane
Echinococcus granulosus larvae	15.7	1-2	Liver parenchyma
Bunostomum trigonocephalum	28.1	2-37	Small intestine
Moniezia expansa	3.2	1	Small intestine
Ostertagia ostertagi	15.7	13-103	Abomasum and small intestine
Haemonchus contortus	25.0	11-170	Abomasum and small intestine
Trichostrongylus capricola	9.4	1-7	Abomasum and small intestine
Trichocephalus ovis	9.4	3-7	Large intestine
Oesophagostomum venulosum	31.3	2-19	Large intestine
Chabertia ovina	18.8	44-148	Large intestine
Protostrongylus sp.	3.2		Bronchi and bronchioles
Varestrongylus capreoli	3.2		Bronchi and bronchioles
Dictyocaulus eckerti	21.8	5-17	Bronchi and bronchioles
Setaria labiato-papillosa	6.3	1-2	Thoracic cavity and abdominal cavity

Table 11

Species of helminths, the occurrence and intensity of infection of helminths in wild horses in the southern region of the Republic of Belarus

Species of helminths	Occurrence of helminths,%	Intensity of helminth infections, specimens
Anoplocephala perfoliata	2.1	2-4
Oxyuris equi	13.2	5-20
Parascaris equorum	53.4	3-11
Strongylus equinus	28.7	6-15
Delafondia vulgaris	2.1	2-4
Alfortia edentatus	15.6	2-4

Polesie population. Then, every year, one after another, Osipovichskaya (initially 15 animals), Ozyorskaya (18), and Naydayan (13) began to appear. After a break, in 2005 the Lyaskovichi micropopulation of 14 individuals was formed. The last two of those listed are created in the Pripyatsky National Park. By that time, the total number of bison in the country had doubled to 680. Almost 10 years later, in 2014, 50 animals were introduced into the Krasny Bor hunting farm, which gave rise to a new local group. In 2018, 20 forest giants became the ancestors of the Dyatlov micropopulation. In 2019, the total number of the species reached 2043 heads. The optimal number for the Republic of Belarus is 1500 individuals. There is already a lot of bison available for our territory, and today there is no acute problem of preserving the species – there is a question of its genetic diversity. In some of the 11 existing groupings, the number of animals is double the optimal habitat. So, most of all bison in the Belovezhskaya population is 593. In second place in their number is Osipovichskaya (470), in third – Ozyorskaya (378). This is followed by Krasnoborskaya (190) and Polesskaya (174). All other groups have not increased even 100 animals over the years. But the worst of all is in the Borisov-Berezinsky population, where there are currently only 15 animals – exactly 11 fewer than in the initial population in 1994. Currently, it is planned to create a new Cherikov group of European bison in the lands of the Cherikov forestry with hornbeam-oak-dark coniferous forests over 40 years old, with glades, meadows, wetlands and reclamation canals. The floodplains here are rich, the food

supply is sufficient. The minimum area is 30,000 hectares, where at least 10,000 hectares are covered with forest crops. Also, this territory does not experience a strong anthropogenic pressure in the form of agriculture.

One of the most important aspects of ecological research in the Republic of Belarus is the study of bison helminths as a factor influencing the stability of its population.

Helminths disrupt homeostasis and cause the emergence and development of pathological states of organs and systems of the animal body [12]. In this regard, the degree of infection of bison with various helminths, which also serve as the gateway for the penetration of pathogenic microflora into the tissues of the body, is of interest. Animals not only become more susceptible to infectious diseases, but also harder to tolerate adverse climatic conditions.

Parasitological surveys of the Bialowieza bison population showed that the occurrence of helminths in this population is 51.3%. The frequency of occurrence by class in infected animals is: Cestoda – 5.0%, Trematoda – 30.0%, Nematoda – 90.0%. Representatives of 6 genera are registered. Representatives of two genera are dominant: Dictiocaulus and Neoascaris.

The occurrence of helminths among bison in the Porozovskoye forestry is higher than in the Sukhopolskoye forestry. The species richness was authentically 5 and 7 species, respectively. In both forestries, representatives of the genus Dictiocaulus dominated, the occurrence of which was 34.28 and 30.00%, respectively. Worms Fasciola hepatica have been registered among bison in the Belianskoye forestry of Belovezhskaya Pushcha. Infection rate is 80%, the intensity of infection is up to 55 specimens. In the Korolevo-Mostovskoye forestry of Belovezhskaya Pushcha, eggs and larvae of helminths of two classes were found: Nematoda and Trematoda. The extensiveness of infection is 66.6%. In the Nikorskoye forestry of Belovezhskaya Pushcha, the extensiveness of infection is also 66.6%. Registered helminths belong to two classes: Nematoda and Trematoda. Intensity of infection in this forestry is not high (table 12).

Table 12

Fauna of helminths and their occurrence in European bison in the forestries of Belovezhskaya Pushcha

Species of helminths	Porozovskoe forestry of Belovezhskaya Pushcha		Sukhopolskoye forestry of Belovezhskaya Pushcha		Belyanskoe forestry of Belovezhskaya Pushcha		Korolevo – Mostovskoe forestry of Belovezhskaya Pushcha		Nikorskoe forestry (white forest) of Belovezhskaya Pushcha	
	O	II	O	II	O	II	O	II	O	II
Dictyocaulus sp.	30.0	1-2	34.28	2-4	-	-	-	-	20.0	1-2
Oesophagostomum sp.	7.8	2	-	-	-	-	-	-	20.0	1
Ostertagia sp.	4.4	1	8.6	3-8	-	-	33.3	11	-	-
Neoascaris sp.	17.8	1-2	17.1	2-9	-	-	33.3	1	-	-
Trichostrongulus sp.	4.4	1	-	-	-	-	16.6	1	-	-
Fasciola hepatica	28.9	1-7 (2)	5.7	1-6	80.0	1-55 (17)	33.3	1-3	40.0	1-3
Paramphistomum sp.	7.8	1-12	11.4	2-6	-	-	16.6	2	13.3	1-2
Dicrocoelium sp.	-	-	-	-	-	-	16.6	2	6.6	2
Ashworthius sidemi	-	-	-	-	-	-	8.3	9-12	-	-

Note. O – the occurrence of different species of helminths, %; II – intensity of infection by helminths (Min-max (X)), specimens

European bison (17 animals) was brought to the Polesie State Radiation-Ecological Reserve in 1996. The peculiarity of the ecological habitat of bison in the reserve (large territory, strict protection regime, removal of almost all types of anthropogenic load, significant areas of former farmland), the nature of forest vegetation, regional climate features favor the habitation of these wild. Helminthological studies in this area showed that helminths of various families are recorded in bison of the Polissya population (table 13). Nematodes accounted for 78.6%, trematodes – 12.3% and cestodes – 7.1%. Dominated were *Capillaria bovis, Oesophagostomum venulosum, Oe. radiatum*, and trematode *Paramphistomum cervi*. The subdominant specie is *Setaria labiato-papillosa*. The extent of bison helminth infection varied from 89.05%. One species of helminth is found in

24.7% of bison. In animals, two species are found simultaneously, which is 51.8% and three species – 11.7%, less often – 4 species – 7.1%, 5 species – 3.5% and 6 species – 1.2%. *Nematodirus helvetianus* is more common in young bison.

The largest number of helminth species was recorded in Belovezhskaya population of European bison – 37 species, the helminth fauna of which has already formed [11]. In Polesie State Radiation-Ecological Reserve, 15 species of helminths have been recorded among European bison (table 13). The formation of the fauna of helminths in this area continues.

Table 13

Fauna of helminths and occurrence of helminths of European bison of the Polissya population

Species of helminths	Occurrence of helminths, %
Fasciola hepatica	13.45
Paramphistomum cervi	18.7
Moniezia expansa	7.65
Dictyocaulus viviparus	5.35
Neoascaris sp.	10.6
Nematodirus helvetianus	11.8
Capillaria bovis	22.4
Trichocephalus ovis	4.3
Bunostomum trigonocephalum	12.5
Haemonchus contortus	13.4
Setaria labiato-papillosa	3.8
Ostertagia ostertagi	15.2
Oesophagostomum radiatum	22.0
Oe. venulosum	22.0
Cooperia oncophora	11.5

Conclusions

The study of the species composition and factors influencing its formation in farms in different territories allows predicting the appearance of certain helminths in wild ungulates, identifying the most common and pathogenic species and developing measures to control and prevent these helminths.

In model forestrys, red deer dominates of the total number of registrations on average. Ungulates of the Deer family use biotopes with a stand density above 0.6 to an insignificant extent ($K = -0.2$, $G = 42.7$, $P = 0.03$).

The biotopic distribution of roe deer in spring and autumn does not differ significantly ($G = 116.7$, $P = 0.01$). At this time, animals prefer areas with a predominance of broad-leaved species (D or.) ($K = 0.86$, $G = 53.1$, $P < 0.01$). During the rutting season, pine-moss forests are preferred ($G = 37.4$, $P < 0.01$).

In the warm season, the red deer prefers forests with a predominance of pine trees in the stand ($K = 0.6$, $G = 37.4$, $P < 0.01$). Bilberry pine forests are preferred by females in spring and summer (adults and semi-adults) ($K = 0.42$, $G = 32.4$, $P < 0.01$), males - mossy pine forests during the growing season ($K = 0.22$, $G = 28.91$, $P = 0.03$).

In the red deer population, representatives of the Cestoda class are replaced by representatives of the Trematoda class. Representatives of the class Nematoda, genus Dictyocaulus remain dominant. Representatives of the genus Strongylata, Trichostrongylus, Protostrongylus are constantly present. The genera Chabertia, Neoascaris, Cooperia are replaced of the Nematoda class into the following genera: Oesophagostomum, Capillaria, *Muellerius capillaris* of the same class.

The coefficient of common species composition of red deer and European roe worms is 46%, European roe and elk – 18%, red deer and elk – 22%.

On the territory of the Republic of Belarus, a rich species composition of helminths was revealed in European bison and a high degree of occurrence of helminths in this host. More than half of the animals in the bison populations are carriers of helminths: Belovezhskaya – 51.3%, Polesskaya – 89.05%. Moreover, most of them have one species of helminths (from 50.0 to 66.7%) or two species of helminths (from 25.0 to 38.0%). Three or more species of helminths recorded simultaneously are rare. Representatives of the Nematoda class are 6 times superior to other classes of parasitic helminths ($G = 39.8$, $P < 0.01$). The bison helminth complex differs in different populations, as it is at the stage of formation in some of them. During the acclimatization of bison in new faunistic complexes, they, along with other members of the biocenosis, begin to participate in the circulation of local helminth species.

References

1. Apollonio M., Focardi S., Toso S., Necci L. Habitat selection and group formation pattern of fallow deer Dama dama in a submediterranean environment. *Ecography*. 1998; 21: 225-234. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1998.tb00560.x.

2. Bertolino S., Montezemolo N. C. Di, Bassano B. Food-niche relationship within a guild of alpine ungulates including an introduced species. *Journal of Zoology*. 2009; 277 (1): 63-69. https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2008.00512.x.

3. D'Eon R. G. Using Snow-Track Surveys to Determine Deer Winter Distribution and Habitat. *Wildlife Society Bulletin* (1973–2006). 2001; 29 (3): 879-887.

4. Ferretti F. Roe and fallow deer: are they compatible neighbours? *European Journal of Wildlife Research*. 2011; 57: 775-783. https://doi.org/10.1007/s10344-010-0487-5.

5. Focardi S., Farnsworth K, Poli B.M., Ponzetta M.P., Tinelli A. Sexual segregation in ungulates: individual behavior and the missing link. *Population Ecology*. 2003; 45: 83-95. https://doi.org/10.1007/s10144-003-0140-1.

6. Focardi S., Pecchioli E. Social cohesion and foraging decrease with group size in fallow deer (Dama dama). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2005; 59: 84-91. https://doi.org/10.1007/s00265-005-0012-0.

7. Harris N. C., Kauffman M. J., Mills L. S. Inferences about ungulate population dynamics derived from age ratios. *The Journal of Wildlife Management*. 2008; 72: 1143-115. https://doi.org/10.2193/2007-277.

8. Lynne Shore Garcia. Diagnostic Medical Parasitology. 2016; 1388.

9. Mysterud A, Coulson T., Stenseth N. Chr. The role of males in the dynamics of ungulate population. *Journal of Animal Ecology*. 2002; 71: 907-915. https://doi.org/1365-2656.2002.00655.x.

10. Polaz S., Anisimova A. The role of wild – and domestic ungulates in forming of helminthfauna of European bison in Belarus. *Peer-reviewed journal European bison conservation newsletter*. 2017; 10: 77-82.

11. Polaz S., Anisimova E., Yurchanka D. The structure of parasitofauna in European bison (Bison bonasus) in modern conditions of Belarus. *Peer-reviewed journal European bison conservation newsletter*. 2014; 7: 51-56.

12. Polaz S., Anisimova E. Influence of ecoparasitocenosis on indicators of cellular and humoral immunity of the hosts organism. *Sovremennyye problem teoreticheskoy I morskoy parazitologii*. Sevastopol, 2016; 107-109. (In Russ.)

13. Post E., Forchhammer M. C. Synchronization of animal population dynamics by large-scale climate. *Nature*. 2002; 420 (6912): 168-171. https://doi.org/10.1038/nature01064.

14. Putman R.J. Ungulates in fores ecosistems: perspectives and recommendation for future research. *Forest Ecology and Management*. 1996; 88: 205-214. https://doi.org/10.1016/50378-1127(96)03878-9.

15. Putman R., Appolonio M., Andersen R. Ungulate Management in Europe: Problems and Practices. New York: Cambridge University Press, 2011; 179-182.

16. Skuratovich E., Poloz S., Lobanovskaya P. The influence of helminths on the microbiocenotic status of the gastrointestinal tract of young European mouflon. *International independent scientific journal*. 2019; 8 (1): 15-20.

17. Samojlovskaya N. A. Comparative analysis of the parasite fauna of sika deer and elk in the Losiny Ostrov National Park. *Rossijskij parazitologicheskij zhurnal = Russion Journal of Parasitology*. 2008; 4: 13-15. (In Russ.)

18. Samoylovskaya N. A., Maklakova L. P., Malakhova E. T., Horokhov V. V. Effect of introduction of white – tailed deer (Odocoleus virginianus) on the formation of the fauna of parasites in wild ruminantus. *Otkrytyj nauchnyj byulleten' = Open scientific bulletin*. 2014; 1: 1-4. https://doi.org/10.13140/2.1.1762.2720.

The article was submitted 21.07.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the author:

Polaz Sviatlana V., Republican Daughter Unitary Enterprise "Fish Industry Institute" of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry", (22, Stebeneva st., Minsk, 220024), Minsk, Republic of Belarus, candidate of veterinary sciences, ORCID ID: 0000-0001-6722-3573, lana.poloz@gmail.com

The author has read and approved the final manuscript.

Обзорная статья

УДК 576.8

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-50-62

FMRFамид-подобные нейропептиды – модуляторы локомоторных реакций у растительных цистообразующих паразитических нематод

Татьяна Анатольевна Малютина [1], Михаил Владимирович Воронин [2]

[1, 2] Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия

[1] maliytina@mail.ru

[2] voronin_mike@mail.ru

Аннотация

Цель исследований: анализ зарубежной литературы по изучению физиологической роли и функционального значения FMRFамид-подобных нейропептидов, которые являются компонентами пептидергической нервной системы у цистообразующих нематод – паразитов растений на примере личинок 2-го возраста картофельной и соевой нематод *Globodera pallida* и *Heterodera glycines*.

Основные физиологические и функциональные характеристики эндогенных FMRFамид-подобных нейропептидов получены в результате исследований функциональной роли генов (*flp*-гены), экспрессия которых выявлена в различных нервных структурах картофельной и соевой нематод. Показана роль эндогенных FMRFамид-подобных нейропептидов в таких поведенческих реакциях фитонематод, как локомоции, которые обеспечивают жизнедеятельность растительных паразитов. Обсуждается функциональное значение *flp*-генов, кодирующих эти биологически активные вещества, и возможность использования данных о физиологических эффектах нейропептидов на двигательную активность фитонематод при разработке новых антигельминтных препаратов направленного действия.

Ключевые слова: FMRFамид-подобные нейропептиды, *flp*-гены, цистообразующие растительные паразитические нематоды, нервная система

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Малютина Т. А., Воронин М. В.* FMRFамид-подобные нейропептиды – модуляторы локомоторных реакций у растительных цистообразующих паразитических нематод // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 50–62.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-50-62

© Малютина Т. А., Воронин М. В., 2022

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

Review article

FMRFamid-like neuropeptides as modulators of locomotory reactions in plant parasitic cyst nematodes

Tatyana A. Malyutina [1], Mikhail V. Voronin [2]

[1, 2] Center of Parasitology, A. N. Severtsov's Institute of Ecology and Evolution Russian Academy of Science, Moscow, Russia

[1] maliytina@mail.ru

[2] voronin_mike@mail.ru

Abstract

The purpose of the research is analysis of world literature dedicated to studies of physiological role and functional importance of FMRFamide-like neuropeptides – components of peptidergic nervous system in cyst nematode plant parasites using an example of 2nd stage larvae of potato and soy nematodes *Globodera pallida* and *Heterodera glycines*.

The main physiological and functional characteristics of endogenous FMRFamid-like neuropeptides had been found in studies of functional role of *flp* genes expression of which was discovered in various nerve structures of potato and soy nematodes. The work shows the role of endogenous FMRFamid-like neuropeptides in such plant nematodes' behavior elements as locomotions promoting the parasites' life activity. The functional importance of *flp* genes coding these biologically active substances and possibilities of using data on physiological effects of neuropeptides on plant nematodes' activity for development of new anthelminthic precise effect drugs are discussed.

Keywords: FMRFamid-like neuropeptides, *flp* genes, plant parasitic cyst nematodes, nervous system

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

There is no conflict of interests

For citation: Malyutina T. A., Voronin M. V. FMRFamid-like neuropeptides as modulators of locomotory reactions in plant parasitic cyst nematodes. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (1): 50–62. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-50-62

© Malyutina T. A., Voronin M. V., 2022

Паразитические нематоды растений являются одной из главных причин потери урожая продовольственных культур во всех странах мира. Ежегодный ущерб, наносимый фитонематодами, оценивается в размере не менее 125 миллиардов долларов США [4].

Цистообразующие нематоды семейства Heteroderidae относятся к числу наиболее опасных и экономически значимых патогенов сельскохозяйственных культур в мире, включая Россию. Отдельные представители этого семейства включены в карантинный список Европейской организации по защите растений (ЕОЗР).

Наиболее опасными патогенами на территории РФ, вызывающими большие потери урожая зерновых, овощных культур и картофеля, являются пшеничная цистообразующая нематода *Heterodera filipjevi*, свекловичная цистообразующая нематода *H. schachtii*, соевая цистообразующая нематода *H. glycines* и картофельная цистообразующая нематода *Globodera rostochiensis* [1].

Высокий уровень адаптации цистообразующих нематод к корневому паразитизму обеспечивает им надежные условия питания и защиты их потомства от хищников и патогенных микроорганизмов в пределах

цисты, а также осложняет борьбу с этими паразитами.

Современные способы борьбы с фитонематодными инвазиями включают применение высокотоксичных пестицидов (нематицидов), которые наносят вред окружающей среде и уменьшают биоразнообразие почв в результате уничтожения множества почвенных беспозвоночных организмов [4]. Эти проблемы требуют решения и являются основанием для поиска новых антипаразитарных веществ.

Среди таких средств могут быть рассмотрены соединения, относящиеся к большому и разнообразному по структуре семейству FMRFамид-подобных нейропептидов, которые выявлены у беспозвоночных животных, включая многочисленных представителей типа Nematoda, и которые способны существенно модулировать локомоторные поведенческие реакции этих животных [21, 24].

В обзоре приведены результаты анализа зарубежной литературы, посвященной изучению физиологической роли и функционального значения FMRFамид-подобных нейропептидов у цистообразующих фитонематод.

FMRFамид-подобные пептиды имеют структурное сходство с FMRFамидом – кардиоактивным тетрапептидом, выделенным из моллюска *Macrocallis tanimbosa* [25]. Общая формула структуры Ц-терминального тетрапептидного мотива (повтора) FMRFамид-подобных пептидов имеет вид: x – x0 – Arg – Phe – NH_2, где x – какая-либо аминокислота (кроме цистеина, который не обнаружен в структуре молекул FMRFамид-подобных нейропептидов), x0 – какая-либо гидрофобная аминокислота (за исключением цистеина) [16].

Задачей предлагаемого обзора является анализ зарубежной литературы, в которой рассматривается и обсуждается физиологическая роль FMRFамид-подобных нейропептидов в локомоторных поведенческих реакциях фитонематод; функциональное значение генов (*flp*-гены), кодирующих эти биологически активные вещества; возможность использования данных о физиологических эффектах FMRFамид-подобных нейропептидов для разработки новых антигельминтных препаратов, снижающих нематодную инвазию у важных сельскохозяйственных растений.

В России подобные исследования не проводятся.

Первые сведения о выявлении положительной FMRFамид-подобной иммунореактивности в нервной системе цистообразующих фитопаразитических нематод появились в литературе в конце 80-х годов прошлого столетия в результате исследований инвазионных личинок 2-го возраста цистообразующей соевой нематоды *H. glycines* [2]. Иммунореактивность в нервных структурах соевой нематоды была определена непрямым иммунофлуоресцентным способом в соответствии с методом Coons et al. [7]. FMRFамид-подобная иммунореактивность выявлена у личинок соевой нематоды *H. glycines* в циркумфарингальном нервном кольце и в вентральном нервном стволе, а также в нейронах, иннервирующих медианную луковицу (бульбус) фаринкса, в двух нервных узлах (ганглиях) нервной ткани на каждой стороне вентрального нервного ствола и в амфидальных карманах. Показано, что положительная иммунореактивность обнаруживается у этой нематоды на всех жизненных стадиях развития паразита, начиная от яйца, с наибольшей концентрацией окрашивания нервных структур у личинки 2-го возраста. Наличие положительной иммунореактивности в нервной ткани исследованных нематод предполагает присутствие FMRFамид-подобных нейропептидов этой ткани. Присутствие разнообразных FMRFамид-подобных последовательностей в экстрактах тканей нематоды *G. pallida* выявлено также с помощью иммуноферментного и хроматографического анализов [17].

За последние годы возросло число видов фитопаразитических цистообразующих нематод семейства Heteroderidae, в тканях которых была выявлена FMRFамид-подобная иммунореактивность. Так, высокая FMRFамид-подобная иммунореактивность была выявлена в центральной и периферической нервной системе у двух видов цистообразующих картофельных нематод – *G. pallida* и *G. rostochiensis* [12].

У нематоды *G. pallida* интенсивная FMRFамид-подобная иммунореактивность обнаружена в дорзальном и вентральном нервных стволах, в составе которых имеются мото- и интернейроны, а также в циркумфарингальном и прианальном нервных кольцах, в дорзальных и вентральных ганглиях. Показано, что фарингальный бульбус, расположен-

ный в передней части тела червя и имеющий хорошо развитую мускулатуру, иннервируется иммунореактивными нейронами, выходящими из циркумфарингального нервного кольца и формирующими два сложных нервных узла. Отмечено, что положительное окрашивание выявляется в нервной сети, окружающей дорзальную сторону фаринкса, и в кольцеобразной структуре, расположенной вентрально в задней части бульбуса.

Информация о структуре индивидуальных FMRFамид-подобных нейропептидов у паразитических растительных нематод получена в результате исследования flp-генов, кодирующих FMRFамид-подобные нейропептиды. Экспрессия *flp*-генов выявлена в нервных структурах нематод с помощью метода быстрой амплификации концов комплементарной ДНК в сочетании с ПЦР (RACE-PCR), а также метода *in situ* гибридизации [10, 12-14].

У нематоды *G. pallida* идентифицированы пять генов, которые кодировали 14 различных FMRFамид-подобных нейропептидов [12]. Ген, обозначенный авторами как *gpflp*-1, имел длину в 444 пары нуклеотидных последовательностей в открытой рамке считывания (ORF), кодировал 148 аминокислотных последовательностей, включая четыре копии FMRFамид-подобного нейропептида SAYMRFамида (PF3/AF8). Ген *gpflp*-2 имел длину в 309 пар последовательностей, кодировал 103 аминокислотных остатка, включая одну копию нейропептида KNKFEFIRFамида. Ген *gpflp*-3 имел длину в 420 пар нуклеотидных последовательностей и кодировал две копии нейропептида KHEYLRFамида (AF2). Показано, что гены *gpflp*-4 и *gpflp*-5 кодировали в целом 11 нейропептидов, большинство из которых, включая DEFVAPGVLRFамид, AEVPGVLRFамид, TSSNFLRFамид, SSASMSTSSEPNFLRFамид, GGVDPTFLRFамид, ANNNFLRFамид и QANFLRFамид, были новыми для картофельных паразитических цистообразующих нематод.

Нейропептиды MPGVLRFамид, MPQVLRFамид и KNKFEFIRFамид, кодируемые генами *gpflp*-4 и *gpflp*-5, были идентифицированы ранее другими авторами у других видов фитопаразитических нематод, а нейропептиды AVPGVLRFамид, KSAYMRFамид и KHEYLRF были обнаружены как у свободноживущих, так и у паразитических форм нематод на протяжении всего типа Nematoda [2, 5, 6, 10-14, 16-19, 22].

Так, например, пептиды PF3/AF8 и AF2, обнаруженные у нематоды *G. pallida*, ранее были выделены другими авторами из экстрактов тканей паразитических нематод Ascaris suum и Haemochus contortus у позвоночных животных, а также у свободноживущих нематод *Panagrellus redivivus* и *Caenorhabditis elegans* [5, 6, 11, 18, 19, 22].

Экспрессия *flp*-генов, выявленных у нематоды *G. pallida*, показана в целых личинках 2-го возраста этой нематоды с помощью метода in situ гибридизации, который дает возможность визуализировать участки транскрипта матричной РНК, кодирующей FMRFамид-подобные нейропептиды, в результате связывания высоко специфичных меченых ДНК проб (дигоксигенин-меченые ДНК пробы) [13].

Ген *gpflp*-1, кодирующий нейропептид KSAUMRFамид, экспрессируется в нейронах, связанных с циркумфарингальным нервным кольцом, в частности, во множестве клеточных тел в люмбарных ганглиях перианального нервного кольца. Экспрессия гена *gpflp*-2, кодирующего пептид KNKFEFIRFамид, была локализована в переднем ганглии и во множестве парных нервных клеток позади по отношению к ретровезикулярному ганглию. Ген *gpflp*-3, кодирующий нейропептид KHEYLRFамид, экспрессировался в переднем ганглии и во множестве парных клеток позади по отношению к циркумфарингальному нервному кольцу. Экспрессия гена *gpflp*-4, кодирующего множество нейропептидов, имеющих в структуре молекулы Ц-концевой консервативный тетрапептид VLRF, была локализована в ретровезикулярном ганглии. Однако экспрессия гена *gpflp*-5, кодирующего пять нейропептидов, имеющих в структуре молекулы Ц-концевой консервативный тетрапептид VLRF, не была выявлена в каких-либо нервных структурах личинки 2-го возраста нематоды *G. pallida* методом *in situ* гибридизации. Авторы высказали предположение, что ген *gpflp*-5 нематоды может экспрессироваться на низком уровне, который не позволяет выявить его экспрессию с помощью используемого метода [13].

Кроме того, было установлено, что все *flp*-гены, кодирующие различные FMRFамид-

подобные нейропептиды у фитонематоды *G. pallida*, являются гомологами flp-генов, ранее выявленных у свободноживущей нематоды *C. elegans* и у других видов нематод [10]. В связи с этим, было предложено изменить номенклатуру генов *gpflp*-1 – *gpflp*-5 фитонематоды *G. pallida* и обозначать в дальнейших исследованиях эти гены как *Gp-flp*-6, *Gp-flp*-12, *Gp-flp*-14, *Gp-flp*-1 и *Gp-flp*-18 соответственно [15].

У нематоды *G. pallida* недавно выявлен ген *Gp-flp*-32 (GenBank N доступа JQ685131) и дана его структурная и функциональная характеристика [21]. Предварительное изучение *G. pallida* EST (экспрессируемые метки нуклеотидных последовательностей) показало наличие транскрипта, кодирующего вероятный FLP-32-подобный пептид (GenBank accession number CV578361), который и был использован в этой работе для ПЦР-анализа полноразмерного *Gp-flp*-32 транскрипта. Был выполнен дизайн праймеров ДНК для подтверждения открытой рамки считывания для *Gp-flp*-32, включающего 321 нуклеотидную последовательность комплементарной ДНК (GenBank accession number JQ685131). Было также установлено, что транскрипт кодировал белок, состоящий из 107 аминокислотных остатков. Подтвержденная аминокислотная последовательность *Gp-flp*-32 кодирует единственную копию FLP-32 пептида, AMRNALVRFG, имеющего на С-терминальном конце молекулы консервативный мотив или повтор – VRFамид, который ранее был выявлен у свободноживущей нематоды *C. elegans* и у некоторых паразитических нематод позвоночных.

Экспрессия гена *Gp-flp*-32 выявлена у личинки нематоды *G. pallida* двумя методами: методом *in situ* гибридизации и ранее указанным иммуноцитохимическим методом [3, 7]. Метод in situ гибридизации является цитогенетическим методом, позволяющим выявлять специфические матричные РНК (мРНК) в различных тканях и экспрессию генов в исследуемых образцах. Это метод был использован авторами для выявления экспрессии гена *Gp-flp*-32 в нервной системе личинки 2-го возраста нематоды *G. pallida*. Окрашивание выявляли в циркумфарингальном нервном кольце нематоды позади от стилета, в фарингальном бульбусе, а также в повторяющихся группах клеток, состоящих из 3–4-х клеточных тел, локализованных в вентральном нервном стволе, который шел назад к хвосту нематоды, где группа клеток из трех окрашенных клеточных тел локализовалась в области люмбарных ганглиев. Окрашивание в центральном нервном кольце было диффузным (размытым) без каких-либо конкретных интенсивно окрашенных нейрональных клеточных тел. Напротив, в вентральном нервном стволе было выявлено четкое окрашивание в группе нейронов, состоящей из 3–4-х высоко реактивных клеточных тел, которые располагались с регулярными интервалами вдоль нервного ствола. Показано, что эти нейроны были расположены сзади от нервного кольца, и их отростки направлялись в хвостовой отдел нематоды.

Иммуноцитохимический метод определения локализации гена *Gp-flp*-32 у личинки 2-го возраста нематоды *G. pallida* проведен с использованием антисыворотки против нейропептида AMRNALVRFамида. Сильная иммунореактивность обнаружена в окологлоточном нервном кольце нематоды позади бульбуса глотки, в нервных отростках, идущих вперед и назад от центрального нервного кольца к мускулатуре протрактора стилета и вентральному нервному стволу, в хвостовом отделе, где группа AMRNALVRFамид – положительно окрашенных клеточных тел нейронов выявляется в непосредственной близости к люмбарным ганглиям.

Полученные данные об экспрессии гена *Gp-flp*-32 в нервных структурах нематоды *G. pallida*, по мнению авторов, свидетельствуют о важной роли гена в контролировании моторной функции этой паразитической цистообразующей нематоды.

Анализ литературы показал, что стандартные методы изучения фармакологических свойств и физиологической роли FMRFамид-подобных нейропептидов трудно применимы к растительным паразитическим нематодам в связи с малыми размерами тела этих паразитов, что неоднократно было отмечено некоторыми исследователями [1, 12, 14]. Тем не менее, имеются данные о результатах воздействия некоторых FMRFамид-подобных нейропептидов (и их модифицированных аналогов) на двигательную активность инвазионной личинки 2-го возраста соевой нематоды *H. glycines* [20].

Эффективность семи FMRFамид-подобных нейропептидов, KHEYLRFамида, KSAYMRFамида, AQTFVRFамида, SAPYDP-

NFLRFамида, KPNFLRFамида, KPNFIRFамида и RNSSPLGTMRFамида, была оценена количественно путем измерения частоты движений головного конца личинок нематоды до и после предварительной 15-минутной экспозиции червей в 0,25, 0,5 и 1mM растворах каждого из исследованных нейропептидов. Контролем в экспериментах служила вода. Двигательную активность личинок до и после воздействия нейропептидов исследовали при помощи инвертированного микроскопа (при увеличении 40-100 ×). Установлено, что локомоторные ответы нематод отчетливо различались при воздействии исследуемых FMRFамид-подобных нейропептидов. Частота движений головного конца личинки 2-го возраста нематоды *H. glycines* существенно увеличивалась при воздействии нейропептидов KHEYLRFамида и KSAYMRFамида. При этом, нейропептид KHEYLRFамид был в 2 раза более эффективным, чем KSAYMRFамид по сравнению с контролем, и вызывал стимуляторный эффект на частоту движений головного конца червя в 2,9 раза больше, чем нейропептид KSAYMRFамид. Другие пять нейропептидов не оказывали какого-либо существенного эффекта на двигательную активность головного конца личинки. На основании полученных результатов было высказано предположение, что нейропептиды KHEYLRFамид и KSAYMRFамид являются стимуляторами двигательной активности соматической мускулатуры нематоды *H. glycines* [20].

В большинстве работ показано, что изучение эффектов FMRFамид-подобных нейропептидов на локомоции цистообразующих фитопаразитических нематод наиболее удобно проводить опосредовано путем предварительного обратимого выключения (сайленсинг) *flp*-генов, кодирующих эти нейропептиды, с помощью запуска системы РНК-интерференции [3, 14, 15]. Ранее, система РНК-интерференции была использована для изучения вмешательства в экспрессию различных генов у свободноживущей нематоды *C. elegans* [8].

В экспериментах на личинках 2-го возраста нематоды *G. pallida* показано, что система РНК-интерференции может быть приведена в действие путем введения в организм паразитов длинных молекул синтезированной двухцепочечной РНК (dsРНК) или малых молекул двухцепочечной интерферирующей РНК (siРНК), синтезированных из РНК, выделенной из тканей исследуемых фитонематод [3, 14, 15].

Введение молекул dsРНК или siРНК в организм паразитических нематод в экспериментах осуществляли путем предварительной инкубации или вымачивания червей в средах, содержащих конструкции молекул dsРНК или молекул siРНК. Отклонения от нормы локомоторного поведения фитонематод в результате обратимого выключения flp-генов вышеописанным способом оценивали двумя методами: миграционным методом и методом визуальной оценки фенотипических изменений у нематод [3, 15]. Миграционный метод включал определение способности червей перемещаться сверху вниз в стеклянной вертикальной колонке длиной 5 см, заполненной влажным крупнозернистым песком после предварительного вымачивания нематод в среде, содержащей конструкции dsРНК или siРНК, в течение определенного времени.

Полученные экспериментальные данные сравнивали с контрольной группой червей, инкубированных в воде, обработанной 0,1%-ным раствором диэтилпирокарбоната (DEPC-обработанная вода) или в тестовых dsРНК или siРНК, которые не имели гомологов с исследуемыми *flp*-генами нематоды *G. pallida*.

Эксперименты по определению чувствительности *flp*-генов нематоды *G. pallida* к РНК-интерференции предварительно были проведены на гене *Gp-flp*-6 в связи с тем, что этот ген показал наиболее интенсивную экспрессию в нервной системе нематоды по сравнению с другими генами [15].

Для выявления эффектов РНК-интерференции на локомоции нематод черви были инкубированы в течение 24 ч, 2-х и 7-и дней в растворе или среде одной из трех конструкций dsРНК различной длины (88, 227 и 316 пар нуклеотидов), что соответствовало трем различным областям открытой рамки считывания гена *Gp-flp*-6. Контролем служили личинки нематод, инкубированные в DEPC-обработанной воде. Конструкции dsРНК были разведены DEPC-обработанной водой до конечной концентрации 0,1 мг/мл.

Установлено, что временное выключение *Gp-flp*-6 в результате инкубации нематод в

эффективных конструкциях dsРНК вызывало изменение локомоторного поведения личинок нематод *G. pallida*.

Показано, что максимум миграции контрольных червей, инкубированных в DEPC-обработанной воде, в течение 24 ч составлял 75,8% за 12-часовой период наблюдения. У червей с нарушенной моторной функцией, вызванной выключением *Gp-flp*-6, отмечали пониженную способность к полной миграции через экспериментальную колонку. Так, миграция личинок, инкубированных в конструкции dsРНК длиной 316 пар нуклеотидов, составляла 28,7%, а инкубированных в конструкции dsРНК длиной 227 пар нуклеотидов – 12,2%, через двое суток инкубации в конструкции dsРНК длиной 316 пар нуклеотидов – 16,1%, а инкубированных в dsРНК длиной 227 пар нуклеотидов – 2,0% после 12-часового периода наблюдений. Через 7 сут инкубации в различных конструкциях dsРНК эффект выключения гена *Gp-flp*-6 был наиболее глубоким и составлял 7,3% (для dsРНК 316 пар нуклеотидов) и 3,0% (для dsРНК 227 пар нуклеотидов) у червей, завершивших миграцию, по отношению к контролю.

В дальнейшем, опытным путем было установлено, что наиболее эффективными синтезированными конструкциями dsРНК по воздействию на локомоции нематод были конструкции длиной приблизительно 220–230 пар нуклеотидов. Такие конструкции были выбраны авторами для всех последующих экспериментов с *Gp-flp*-6 и другими *flp*-генами нематоды *G. pallida*.

Анализ эффекта выключения гена *Gp-flp*-6 на двигательную активность нематод показал следующее. При нормальных условиях необработанные личинки 2-го возраста были активными и подвижными и обладали типичными волнообразными движениями. Черви, инкубированные в растворах эффективных конструкций dsРНК в течение 24 ч и двух суток, также выглядели активными и подвижными. Однако после 7-дневной инкубации в эффективных конструкциях dsРНК черви выглядели выпрямленными и негнущимися. Черви с такими фенотипическими изменениями были обозначены авторами как «выпрямленные».

На основании полученных результатов авторы высказали предположение, что выключение гена *Gp-flp*-6 вызывает нарушение нормальной двигательной функции у личинки нематоды *G. pallida*, что подтверждается с помощью миграционного метода.

Аналогичные эксперименты были проведены на выключенных генах *Gp-flp*-1, *Gp-flp*-12, *Gp-flp*-14 и *Gp-flp*-18 личинок 2-го возраста нематоды *G. pallida*. Обнаружено, что выключение любого из исследованных генов приводило к глубокому ингибированию миграции личинок через песочную колонку. Выключение генов *Gp-flp*-1, *Gp-flp*-12, Gp-flp-18 вызывало почти полное угнетение миграционной способности личинок после 24-часовой инкубации в эффективных конструкциях dsРНК. В отношении эффекта выключения гена *Gp-flp*-14 установлено, что после 24-часовой инкубации в эффективных конструкции dsРНК только 18,2% червей полностью завершили миграцию в отличие от контрольных червей. Инкубация в конструкциях dsРНК в течение 2-х и 7-и суток полностью нарушала способность личинок к миграции.

Таким образом, экспериментально установлено, что выключение каждого из исследованных *flp*-генов нематоды *G. pallida* оказывает глубокое воздействие на локомоторное поведение нематоды.

Специфичность выключения исследованных *flp*-генов нематоды *G. pallida* была подтверждена результатами инкубации нематод *G. pallida* в среде конструкций dsРНК, которые не имели гомологов с исследуемыми flp-генами нематоды. Так, инкубирование червей в конструкции dsРНК гена хлоропласт-специфического протеина из томата Lycopersicon esculentum (GenBank № доступа AY568722) и в DEPC-обработанной воде, не выявило существенных различий в миграционных способностях нематод.

По мнению авторов, ингибирование двигательной активности личинок 2-го возраста нематоды *G. pallida* в результате временного выключения вышеперечисленных *flp*-генов подтверждает важное значение этих биологически активных веществ для сохранения нормальной нервно-мышечной функции у фитопаразитических нематод и дает основание предполагать, что эти *flp*-гены могут кодировать FMRFамид-подобные нейропептиды, которые обладают стимуляторным эффектом на локомоторное поведение необработанных червей.

Аналогичные эксперименты проведены на гене *Gp-flp*-32 нематоды *G. pallida* [3]. Выключение гена *Gp-flp*-32 было достигнуто в результате вымачивания или инкубации червей в среде, содержащей молекулы siРНК гена *Gp-flp*-32. У червей после выключения этого гена существенно увеличивалась скорость миграции в нижнюю часть вертикальной колонки по сравнению с контрольными червями. Контролем в этих экспериментах служили личинки нематод, которые были инкубированы в средах siРНК, не имеющих гомологов с исследуемым геном. Так, в качестве положительного контроля были использованы нематоды, инкубированные в среде, содержащей конструкции siРНК, которые были синтезированы из гена *Gp-ace*, кодирующего у нематоды *G. pallida* фермент ацетилхолинэстеразу. При этом было установлено, что инкубация личинок в такой среде приводила к значительному торможению локомоторной активности червей. В качестве неродственного отрицательного контроля служила среда, содержащая конструкции siРНК, полученной из свободноживущего плоского червя *Macrostomum lignano*. В качестве контроля были использованы также личинки нематод, инкубированные в DEPC-обработанной воде (необработанные черви).

Установлено, что после контрольных обработок черви выглядели нормально. Однако личинки, вымоченные в экспериментальной среде, содержащей конструкции siРНК гена *Gp-flp*-32, показывали повышенную частоту нормальных синусоидальных движений и были более подвижными, чем контрольные черви. Подсчет числа червей, мигрирующих вниз через песочную колонку через каждые 2 ч в течение 6–8-часового периода наблюдений показал, что черви, обработанные siРНК *Gp-flp*-32, мигрировали значительно быстрее, чем необработанные (миграция обработанных червей через каждые 2 ч наблюдений составляла примерно 53% против 20% необработанных червей; через 4 ч – примерно 84% против примерно 59% необработанных червей). На основании полученных результатов авторы высказали предположение, что ген *Gp-flp*-32 кодирует ингибиторный нейропептид и его выключение приводит к повышению двигательной активности необработанных личинок 2-го возраста нематоды *G. pallida*.

Авторы также выявили эффект выключения гена *Gp-flp*-32 на скорость заражения нематодами корней хозяина – растения картофеля. С этой целью червей с выключенным геном *Gp-flp*-32 и необработанных червей помещали на песок, покрывающий корни 2-недельных растений картофеля и через 4 сут корни растений (сегменты длиной 2 см) исследовали под микроскопом Olympus SZX16 на наличие в них нематод. Контрольными вариантами были: личинки, инкубированные в среде siРНК гена *Gp-ace*, кодирующего у нематод фермент ацетилхолинэстеразу; личинки, инкубированные в DEPC-обработанной воде, а также личинки червей, инкубированные в среде si-РНК, полученной из ткани плоского червя M. lignano (GenBank № доступа EG956133). Полученные результаты показали, что личинки G. pallida, обработанные si-РНК, показали более высокую скорость инвазирования корней картофеля (74%) по сравнению с контрольными червями (31%) и необработанными червями (35%). Это свидетельствует о том, что обработанные черви мигрировали к сегментам корней быстрее и, соответственно, с большей скоростью заражали корни растения- хозяина по сравнению с контролем.

Таким образом, опосредовано показано, что ген *Gp-flp*-32 кодирует единственный нейропептид AMRNALVRFамид, который вызывает ингибиторный эффект на двигательную активность соматической мускулатуры нематоды *G. pallida*.

Кроме того, авторами [21] приведены данные о выявлении у нематоды *G. pallida* предполагаемого (прогнозируемого) FMRFамид-подобного рецептора, взаимодействующего с нейропептидом AMRNALVRFамидом. Ген, кодирующий предполагаемый рецептор, обозначен авторами как *Gp-flp*-32R (GenBank № доступа JQ685132).

Последовательность гена *Gp-flp*-32R и другие его функциональные характеристики были установлены авторами с помощью метода ПЦР RACE и секвенирования при использовании онлайн-серверов: http://www.ebi.ac.uk/Tools/pfa/iprscan/; http://www.ch.embnet.org/software/TMPRED_formhtml/; http://www.enzim.hu/hmmtop/. Показано, что предполагаемый рецептор гена *Gp-flp*-32R имеет близкую гомологию с ранее выявленным G-протеинсвязанным рецептором (GPCR)

R1, кодируемым *flp*-геном C26F1, у свободноживущей нематоды *C. elegans* [23]. Праймеры, разработанные для подтверждения открытой рамки считывания рецепторного гена *Gp-flp*-32R, генерировали нуклеотидную последовательность кДНК, состоящую из 1170 нуклеотидов, которая кодировала протеин, состоящий из 389 аминокислотных остатков. Установлено, что новый рецептор кодировал семь трансмембранных спиралей и несколько консервативных остатков в различных позициях, показав сходство этого рецептора с семейством родопсин-подобных GPCR.

Эффекты выключения предполагаемого рецептора и гена *Gp-flp*-32R, кодирующего этот рецептор, были исследованы путем визуального анализа локомоторного поведения личинок 2-го возраста нематод *G. pallida*, и с помощью миграционного метода, позволяющего определить скорость миграции личинок в песочной колонке через определенный период времени (каждые 2 ч в течение 6-часового периода наблюдений).

После РНК-интерференции все контрольные личинки нематоды *G. pallida* выглядели нормальными с характерными синусоидальными движениями, свойственными личикам этого вида. Однако, черви с выключенным *Gp-flp*-32R, показывали увеличенную частоту синусоидальных движений.

Обнаружено, что черви, обработанные siРНК *Gp-flp*-32R, мигрировали значительно быстрее, чем необработанные. Так, через 2 ч наблюдений мигрировало примерно 57% обработанных червей против примерно 20% миграции необработанных червей. Через 4 ч наблюдений мигрировало примерно 91% обработанных личинок против примерно 59% миграции необработанных червей соответственно. Через 6-часовой период наблюдений черви с выключенным *Gp-flp*-32R показали 100%-ную миграцию через экспериментальную колонку.

При сопоставлении эффектов выключения гена *Gp-flp*-32 и гена рецептора *Gp-flp*-32R на двигательную активность личинок наблюдали большое сходство.

Полученные результаты позволяют предположить, что предполагаемый рецептор, кодируемый геном *Gp-flp*-32R, вероятно, является GPCR, активируемым FMRFамид-подобным нейропептидом AMRNALVRFамидом, и участвует в реализации ингибиторного эффекта этого нейропептида на локомоторную активность соматической мускулатуры нематоды *G. pallida*.

Заключение

Краткий обзор литературы по проблеме исследования физиологической роли и функционального значения FMRFамид-подобных нейропептидов в поведенческих локомоторных реакциях растительных цистообразующих паразитических нематод показал, что у растительных паразитов хорошо развита пептидергическая нервная система.

В экспериментах, проведенных на некоторых представителях семейства Heteroderidae, показано, что у личинок 2-го возраста соевой нематоды *H. glycines* и картофельных нематод *Globodera pallida* и *G. rostochiensis* в различных нервных структурах выявлена положительная иммунореактивность. Окрашивание выявлено в циркумфарингальном нервном кольце, в дорзальном, вентральном и латеральном нервных стволах, содержащих мото- и интернейроны, которые иннервируют соматическую мускулатуру стенки тела нематод.

Положительная иммунореактивность обнаружена в нервной системе соевой нематоды *H. glycines* на всех стадиях развития этого паразита.

У личинок 2-го возраста *G. pallida* выявлены *flp*-гены (*Gp-flp*-6, *Gp-flp*-12, *Gp-flp*-14, *Gp-flp*-1 *Gp-flp*-18 и *Gp-flp*-32), которые кодируют некоторые FMRFамид-подобные нейропептиды, и экспрессия этих генов показана в различных нервных структурах этой нематоды.

Приведены данные литературы о чувствительности соматической мускулатуры цистообразующих паразитов (на примере личинок 2-го возраста соевой нематоды *H. glycines*) к воздействию экзогенных FMRFамид-подобных нейропептидов. Показано, что некоторые FMRFамид-подобные нейропептиды, кодируемые *flp*-генами, вызывают стимуляторный эффект на двигательную активность инвазионных личинок *H. glycines*, вызывая усиление частоты движений головного конца тела по сравнению с контролем. Отмечено, что прямые методы изучения физиологической роли биологически активных веществ трудно применимы к растительным паразитическим нематодам, имеющим чрезвычайно

малые размеры тела. В связи с этим, оценка эффектов FMRFамид-подобных нейропептидов на локомоции растительных паразитических нематод дана в большинстве случаев опосредованно с помощью метода обратной генетики – временного выключения *flp*-генов (сайленсинг) путем запуска системы РНК-интерференция.

Было показано, что выключение генов *Gp flp*-6,-1,-12-,14,-18 у личинки 2-го возраста нематоды *G. pallida* вызывает ингибирование двигательной активности червей, что указывают на то, что FMRFамид-подобные нейропептиды, кодируемые этими генами, являются стимуляторами локомоторной активности картофельной нематоды. В то же время установлено, что выключение гена *Gp-flp*-32 у личинки 2-го возраста нематоды G. pallida приводит к эффектам, противоположным выключению выше указанных *flp*- генов. Так, выключение гена *Gp-flp*-32, кодирующего нейропептид AMRNALVRFамид у нематоды *G. pallida*, повышает локомоторную активность инвазионной личинки.

Эти данные предполагают, что эндогенный нейропептид AMRNALVRFамид вызывает ингибиторный или тормозной эффект на двигательную активность личинки картофельной нематоды. Данные о противоположных эффектах выключения генов *Gp-flp*-6,-1,-12-,14,-18 и гена *Gp-flp*-32 указывают на то, что различные *flp*-гены у цистообразующих паразитических нематод могут кодировать FMRFамид-подобные нейропептиды, обладающие различными физиологическими эффектами на локомоции нематоды *G. pallida*.

В литературе приведены данные о выявлении у цистообразующих паразитических нематод (на примере *G. pallida*) предполагаемого рецептора, кодируемого геном *Gp-flp*-32R, который активируется нейропептидом AMRNALVRFамидом. Авторы предполагают, что полученные данные свидетельствуют о потенциальной возможности использования выявленного прогнозируемого рецептора в качестве мишени для веществ (агонистов), которые будут способны замедлять так же, как и FMRFамид-подобный нейропептид AMRNALVRFамид, нормальную локомоторную активность картофельной нематоды, снижая тем самым инвазию корней растения картофеля-хозяина.

Сведения о выявлении прогнозируемого рецептора, кодируемого геном *Gp-flp*-32R, сходство этого рецептора по структурно-функциональным характеристикам с G-протеин-связанным рецептором R1, кодируемым *flp*-геном C26F1.6 у свободноживущей нематоды *C. elegans*, эффекты выключения *Gp-flp*-32R и кодируемого им рецептора на локомоции нематоды *G. pallida* существенно расширяют знания о компонентах пептидергической нервной системы у растительных цистообразующих паразитических нематод.

Данные о способности эндогенного нейропептида AMRNALVRFамида угнетать двигательную активность соматической мускулатуры личинок 2-го возраста нематоды *G. pallida* могут быть применимы в практических целях для создания антигельминтиков направленного действия, способных эффективно снижать распространение нематодной инвазии корней растений-хозяев.

Тот факт, что в нервной системе растительных цистообразующих паразитических нематод присутствуют разнообразные FMRFамид-подобные нейропептиды, кодируемые *flp*-генами, которые ранее были выявлены у паразитических нематод позвоночных животных и свободноживущих нематод, подтверждает консервативность пептидергической нервной системы у представителей всего типа Nematoda в целом.

Список источников

1. Фитопаразитические нематоды России / под редакцией *С. В. Зиновьевой, В. Н. Чижова*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 386 с.
2. *Atkinson H. J., Isaac R. E., Harris P. D., Sharpe C. M.* FMRFamide-like immunoreactivity within the nervous system of the nematodes *Panagrellus redivius, Caenorhabditis elegans* and *Heterodera glycines*. J. Zool., Lond. 1988; 216. 663-671.
3. *Atkinson L. E., Stevenson M., Mckoy C. J., Marks N. J., Fleming C., Zamanian M., Day T. A., Kimber M. J., Maule A. G., Mousley A. Flp*-32 Ligand/Receptor Silencing Phenocopy Faster Plant Pathogenic Nematdes. PLoS Patog. 2013; 9 (2): 1003169. https://doi.org/10.1371/joumal.ppat. 1003169.
4. British Ecological Society (BES): 2009. Biological Control of Plant Parasitic Nematodes http://britishecologicalsociety.org/blog/blog/2009/01/20/biological-control-of plant-parasitic-nematodes Retrieved. 2009.

5. *Covden C., Stretton A.O.W.* AF2, an *Ascaris* neuropeptide: isolation, sequence bioactivity. Peptides. 1993; 14. 423-430.

6. *Covden C., Stretton A.O.W.* Eight novel FMRFamide-like neuropeptides isolated from the nematode Ascaris sum. Peptides. 1995;16. 491-500.

7. *Coons A. H., Leduc E. H., Connolly J. M.* Studies of antibody production. I. // A method for the histochemical demonstration of specific antibody and its application to a study for the hyperimmune rabbit. J. Exper. Med. 1955; 102. 49-60.

8. *Fire A. Si Qun Xu, Montgomery M. K., Kostas S. A., Driver S. E., Mello C. C.* Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. Nature. 1998; 391. № 6669. 806-811.

9. *Geary T. G., Marks N. J., Maule A. G., Bowman J. W., Alexander-Bowman S. J., Day T. A., Larsen M. J., Kubiak M., Davis P., Thompson D. P.* Pharmacology of FMRFamide-related peptides in helminths. Annals of the New York Academy of Science. 1999; 897. 217-227.

10. *Johnston M.J.G. Veigh P. M., Masler S., Fleming C. C, Maule A. G.* FMRFamide-like peptides in root-knot nematodes and their potential role in nematode physiology. J. of Helminthology. 2010; 84. 253-265. https://doi.org/10.1017/S0022149X09990630

11. *Kaeting C., Thorndyke M. C., Holden-Dye L., Williams R. G., Walker R. J.* The isolation of FMRFamide-like peptide from the nematode Haemonchus contortus. Parasitology. 1995; 111. 515–521.

12. *Kimber M. J., Fleming C. C., Bjourson A. J., Halton D. W., Maule A. G.* FMRFavmide-related peptides in potato cyst nematodes. Molecular and Biochemical Parasitology. 2001; 116 (2): 199-208.

13. *Kimber M. J., Fleming C. C., Prior A., Halton D. W., Maule A. G.* Localisation of Globodera pallid FMRFamide-related peptide encoding genes using in situ hybridization. Int. J. Parasitol. 2002; 32 (9): 1095-1105.

14. *Kimber M. J., Fleming C. C.* Neuromuscular function in plant parasitic nematodes: a target for novel control strategies? Parasitology. 2005; 131. 129–142. https://doi.org/10.1017/S0031182005009157

15. *Kimber M. J., McKinney S., McMaster S., Day T. A., Fleming C. C., Maule A. G. Flp*-gene disruption in parasitic nematode reveals motor dysfunction and unusual neuronal sensivity to RNA interference. FASER J. 2007; 21. 1233-1243. https://doi.org/10.1096/fj.06-7343com

16. *McVeigh P., Geary T. G., Marks N. J., Maule A. G.* The FLP-side of nematodes. TRENDS in Parasitology. 2006; 22. 385-396. https://doi.org/10.1016/j.pt.2006.06.010

17. *Masler E. P., Kovaleva E. S., Sardanelli S.* FMRFamide-like Immunoactivity in *Heterodera glycines* (Nemata: Tylenchida). J. of Nematology. 1999; 31 (2): 224-231.

18. *Marks N. J., Sangster N. C., Maule A. G., Halton D. W., Thompson D. P., Geary T. G., Shaw C.* Structural characterization and pharmacology of KHEYLRFamide (AF2) and KSAYMRFamide (PF3/AF8) from Haemochus contortus. Mol. Biochem. Parasitol. 1999; 100. 185-194.

19. *Marks N. J., Maule A. G., Geary T. G., Thompson D. P., Halton D. W., Shaw C.* KSAYMRFamide (PF3/AF8) is present in the free-living nematode, *Caenorhabditis elegans*. Biochem. Biophys. Res. Commun. 1998; 248. 422-425.

20. *Masler E. P.* Behaviour of Heterodera glycines and Meloidogyne incognita infective juveniles exposed to nematode FMRFamide-like peptides in vitro. Nematology. 2012; 14 (5): 605-612. https://doi.org/10.1163/156854111X617879

21. *Maule A. G., Mousley A., Marks N. J., Day T. A., Thompson D. P., Geary T. G., Halton D. W.* Neuropeptide signaling systems – potential drug targets for parasite and pest control. Curr. Top. Med. Chem. 2002; 2. 733–758. https://doi.org/10.2174/1568026023393697

22. *Maule A. G., Shaw C., Bowman J. W., Halton D. W., Thompson D. P., Geary T. G., Thim L.* FMRFamide-like peptide AF2 (*Ascaris suum*) is present in the free-living nematode Panagrellus redivivus (Nematoda, Rhabditida). Parasitology. 1994; 109. 351-356.

23. *Mertens I., Vandigenen A., Meeusen T., Janssen T., Luyten W., Nachman R.J., Loof A.D., Schoofs L.* Functional characterization of the putative orphan neuropeptide G-protein coupled receptor C26F1.6 in *Caenorhabditis elegans*. FEBS Lett. 2004; 573 (1 -3): 55-60. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2004.07.058

24. *Peymen K., Watteyne J., Frooninckx L., Schoofs L., Beets I.* The FMRFamide-like peptide family in nematodes. Frontiers in endocrinology. 2014; 5. Art. 90. 1-21. https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00090

25. *Price D. A., Greenberg M. J.* Structure of a molluscan cardio excitatory neuropeptide. Science. 1977; 197. 670-671.

26. *White J. D., Southgate E., Thompson J. N., Brenner S.* The structure of the nervous system of *Caenorhbditis elegans*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1986. Series B. 314. 1-340.

Статья поступила в редакцию 22.10.2021; принята к публикации 15.01.2022

Об авторах:

Малютина Татьяна Анатольевна, Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук (119071, г. Москва, Ленинский проспект, 33), Москва, Россия, кандидат биологических наук, maliytina@mail.ru

Воронин Михаил Владимирович, Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н.Северцова Российской академии наук (119071, г. Москва, Ленинский проспект, 33), Москва, Россия, кандидат биологических наук, voronin_mike@mail.ru

Вклад соавторов:

Малютина Татьяна Анатольевна – обзор и критический анализ публикаций по проблеме, формирование выводов.

Воронин Михаил Владимирович – перевод иностранных источников литературы по проблеме, формирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Plant parasitic nematodes of Russia. Eds. S. V. Zinovieva, V. N. Chizhov. Moscow, KMK Ltd., 2012; 386. (In Russ.)
2. Atkinson H. J., Isaac R. E., Harris P. D., Sharpe C. M. FMRFamide-like immunoreactivity within the nervous system of the nematodes *Panagrellus redivius, Caenorhabditis elegans* and *Heterodera glycines*. *J. Zool., Lond*. 1988; 216. 663-671.
3. Atkinson L. E., Stevenson M., Mckoy C. J., Marks N. J., Fleming C., Zamanian M., Day T. A., Kimber M. J., Maule A. G., Mousley A. Flp-32 Ligand/Receptor Silencing Phenocopy Faster Plant Pathogenic Nematdes. *PLoS Patog*. 2013; 9 (2): 1003169. https://doi.org/10.1371/joumal.ppat. 1003169.
4. British Ecological Society (BES): 2009. Biological Control of Plant Parasitic Nematodes http://britishecologicalsociety.org/blog/blog/2009/01/20/biological-control-of plant-parasitic-nematodes Retrieved. 2009.
5. Covden C., Stretton A.O.W. AF2, an Ascaris neuropeptide: isolation, sequence bioactivity. *Peptides*. 1993; 14: 423-430.
6. Covden C., Stretton A.O.W. Eight novel FMRFamide-like neuropeptides isolated from the nematode *Ascaris suum*. *Peptides*. 1995; 16: 491-500.
7. Coons A. H., Leduc E. H., Connolly J. M. Studies of antibody production. I. A method for the histochemical demonstration of specific antibody and its application to a study for the hyperimmune rabbit. *J. Exper. Med.* 1955; 102. 49-60.
8. Fire A. Si Qun Xu, Montgomery M. K., Kostas S. A., Driver S. E., Mello C. C. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in Caenorhabditis elegans. *Nature*. 1998; 391 (6669): 806-811.
9. Geary T. G., Marks N. J., Maule A. G., Bowman J. W., Alexander-Bowman S. J., Day T. A., Larsen M. J., Kubiak M., Davis P., Thompson D. P. Pharmacology of FMRFamide-related peptides in helminths. *Annals of the New York Academy of Science*. 1999; 897. 217-227.
10. Johnston M.J.G. Veigh P. M., Masler S., Fleming C. C, Maule A. G. FMRFamide-like peptides in root-knot nematodes and their potential role in nematode physiology. *J. of Helminthology*. 2010; 84. 253-265. https://doi.org/10.1017/S0022149X09990630
11. Kaeting C., Thorndyke M. C., Holden-Dye L., Williams R. G., Walker R. J. The isolation of FMRFamide-like peptide from the nematode *Haemonchus contortus*. *Parasitology*. 1995; 111. 515–521.
12. Kimber M. J., Fleming C. C., Bjourson A. J., Halton D. W., Maule A. G. FMRFamide-related peptides in potato cyst nematodes. *Molecular and Biochemical Parasitology*. 2001; 116 (2): 199-208.
13. Kimber M. J., Fleming C. C., Prior A., Halton D. W., Maule A. G. Localisation of *Globodera pallida* FMRFamide-related peptide encoding genes using in situ hybridization. *Int. J. Parasitol*. 2002; 32(9): 1095-1105.
14. Kimber M. J., Fleming C. C. Neuromuscular function in plant parasitic nematodes: a target for novel control strategies? *Parasitology*. 2005; 131. 129-142. https://doi.org/10.1017/S0031182005009157

15. Kimber M. J., McKinney S., McMaster S., Day T. A., Fleming C. C., Maule A. G. *Flp*-gene disruption in parasitic nematode reveals motor dysfunction and unusual neuronal sensitivity to RNA interference. *FASER J*. 2007; 21. 1233-1243. https://doi.org/10.1096/fj.06-7343com

16. McVeigh P., Geary T. G., Marks N. J., Maule A. G. The FLP-side of nematodes. *TRENDS in Parasitology*. 2006; 22. 385-396. https://doi.org/10.1016/j.pt.2006.06.010

17. Masler E. P., Kovaleva E. S., Sardanelli S. FMRFamide-like Immunoactivity in *Heterodera glycines* (Nematoda: Tylenchida). *J. of Nematology*. 1999; 31 (2): 224-231.

18. Marks N. J., Sangster N. C., Maule A. G., Halton D. W., Thompson D. P., Geary T. G., Shaw C. Structural characterization and pharmacology of KHEYLRFamide (AF2) and KSAYMRFamide (PF3/AF8) from *Haemonchus contortus. Mol. Biochem. Parasitol*. 1999; 100. 185-194.

19. Marks N. J., Maule A. G., Geary T. G., Thompson D. P., Halton D. W., Shaw C. KSAYMRFamide (PF3/AF8) is present in the free-living nematode, *Caenorhabditis elegans. Biochem.Biophys. Res. Commun*. 1998; 248. 422-425.

20. Masler E. P. Behaviour of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne incognita* infective juveniles exposed to nematode FMRFamide-like peptides *in vitro. Nematology*. 2012; 14 (5): 605-612. https://doi.org/10.1163/156854111X617879

21. Maule A. G., Mousley A., Marks N. J., Day T. A., Thompson D. P., Geary T. G., Halton D. W. Neuropeptide signaling systems – potential drug targets for parasite and pest control. *Curr. Top. Med. Chem*. 2002; 2: 733–758. https://doi.org/10.2174/1568026023393697

22. Maule A. G., Shaw C., Bowman J. W., Halton D. W., Thompson D. P., Geary T. G., Thim L. FMRFamide-like peptide AF2 (*Ascaris suum*) is present in the free-living nematode *Panagrellus redivivus* (Nematoda, Rhabditida). *Parasitology*. 1994; 109. 351-356.

23. Mertens I., Vandigenen A., Meeusen T., Janssen T., Luyten W., Nachman R. J., Loof A. D., Schoofs L. Functional characterization of the putative orphan neuropeptide G-protein coupled receptor C26F1.6 in *Caenorhabditis elegans*. FEBS Lett. 2004; 573 (1 -3): 55-60. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2004.07.058

24. Peymen K., Watteyne J., Frooninckx L., Schoofs L., Beets I. The FMRFamide-like peptide family in nematodes. *Frontiers in endocrinology*. 2014; 5 (90): 1-21. https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00090

25. Price D. A., Greenberg M .J. Structure of a molluscan cardioexcitatory neuropeptide. *Science*. 1977; 197. 670-671.

26. White J. D., Southgate E., Thompson J. N., Brenner S. The structure of the nervous system of *Caenorhbditis elegans. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series* B. 1986; 314. 1-340.

The article was submitted 22.10.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Malyutina Tatyana A., Center of Parasitology, A. N. Severtsov's Institute of Ecology and Evolution Russian Academy of Science (33, Leninsky Prospekt, Moscow, 119071), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, maliytina@mail.ru

Voronin Mikhail V., Center of Parasitology, A. N. Severtsov's Institute of Ecology and Evolution Russian Academy of Science (33, Leninsky Prospekt, Moscow, 119071), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, voronin_mike@mail.ru

Contribution of co-authors:

Malyutina Tatyana A. – a review and critical analysis of publications on the problem, the formation of conclusions.

Voronin Mikhail V. – translation of foreign sources of literature on the problem, the formation of conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 616:619.995.132.6

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-63-69

Морфофункциональные особенности личинок трихинелл у медведей и барсуков в Кировской области

Ольга Борисовна Жданова [1], Ираида Ивановна Окулова [2], Александр Витальевич Успенский [3], Людмила Александровна Написанова [4]

[1, 3, 4] 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] Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б. М. Житкова, Киров, Россия

[3] Кировский Государственный Медицинский Университет, Киров, Россия

[4] Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

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

[2] okulova_i@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9938-4769

[3] a.v.uspensky@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9115-9890

[4] napisanova2015@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0894-827X

Аннотация

Цель исследований: изучение морфофункциональных особенностей личинок трихинелл у медведей и барсуков в Кировской области.

Материалы и методы. Методом компрессорной трихинеллоскопии (КТ) исследовали 72 среза проб мышечной ткани (в соответствии с МУ «Профилактика гельминтозов, передающихся через мясо и мясные продукты» от 23.09.96) от животных, добытых при научном отстреле. Срезы готовили из мышц ножек диафрагмы и диафрагмы медведей и барсуков по ходу мышечных волокон, и помещали в компрессориум. Затем срезы переносили на предметные стекла, готовили временные препараты и исследовали с использованием различных увеличений (×8, ×20, ×40). Морфометрические измерения осуществляли с помощью микроскопа при увеличении ×40, затем вычисляли индекс капсулы. Переваривание (пептолиз) в искусственном желудочном соке проводили по методу П. А. Владимировой в модификации А. В. Успенского, Ф. Скворцовой после помещения опытных образцов в различные температурные условия от 5 до -18 °С и сравнивали показатели у обоих видов животных. Жизнеспособность личинок трихинелл оценивали в чашке Петри в физрастворе при комнатной температуре. Отмечали морфологические изменения в структуре личинок (наличие свернутых в спираль личинок к общему числу выделенных, свернутых и расправленных) и их подвижность.

Результаты и обсуждение. Изучено заражение барсуков и медведей личинками *Trichinella spiralis* в Кировской области. Личинки трихинелл обнаружены во всех исследованных срезах у инвазированных животных. Интенсивность инвазии у барсука была выше, чем у медведя и составила 218±79,5 личинок на 1 г мышц, в то время как у медведя 115±28,5. Вышесказанное объясняется тем, что барсук чаще питается падалью, нередко посещает и спонтанные свалки. Для посмертной диагностики трихинеллеза у добытых медведей и барсуков можно использовать методы трихинеллоскопии и пептолиза, которые нацелены на обнаружение источников инфекции и предотвращение зооноза у человека.

Ключевые слова: морфометрия, зоонозы, личинки, *Trichinella spiralis*, медведь, барсук

Благодарность. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований государственных академий наук, составляющей основу государственного задания № FNSE-2019-0009.

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

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Жданова О. Б., Окулова И. И., Успенский А. В., Написанова Л. А.* Морфофункциональные особенности личинок трихинелл у медведей и барсуков в Кировской области // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 63–69.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-63-69

© Жданова О. Б., Окулова И. И., Успенский А. В., Написанова Л. А., 2022

Original article

Morphological and functional characteristics of Trichinella sp. larvae in bears and badgers in the Kirov Region

Olga B. Zhdanova [1], Iraida I. Okulova [2], Alexander V. Uspensky [3], Lyudmila A. Napisanova [4]

[1, 3, 4] All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", Moscow, Russia

[2] Russian Scientific Research Institute of Hunting and Fur Breeding named after Professor B. M. Zhitkov, Kirov, Russia

[3] Kirov State Medical University, Kirov, Russia

[4] Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

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

[2] okulova_i@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9938-4769

[3] a.v.uspensky@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9115-9890

[4] napisanova2015@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0894-827X

Abstract

The purpose of the research is study of morphological and functional characteristics of Trichinella sp. larvae in bears and badgers in the Kirov Region.

Materials and methods. The compressor trichinelloscopy (CT) method was used to study 72 sections of muscle tissue samples (in accordance with the Guidelines "Prevention of helminthiasis transmitted through meat and meat products" dated September 23, 1996) from animals obtained during scientific culling. The sections were prepared from the diaphragmatic peduncle muscles and the diaphragm of bears and badgers along the muscle fibers, and placed in the compressorium. The sections were then transferred to glass slides, and provisional slides were prepared and examined using various magnifications (× 8, × 20, × 40). Morphometric measurements were performed using a microscope at × 40 magnification, then the capsule index was calculated. Digestion (peptolysis) in artificial gastric juice was performed according to the P. A. Vladimirova's method modified by A. V. Uspensky and F. Skvortsova after the test samples were placed in various temperature conditions from 5 to -18 °C, and the parameters of both animal species were compared. The viability of Trichinella sp. larvae was evaluated in a Petri dish in saline at a room temperature. Morphological changes were recorded in the larvae structure (coiled larvae against the total number of isolated, coiled and stretched larvae) and their mobility.

Results and discussion. We studied badgers and bears infected by *Trichinella spiralis* larvae in the Kirov Region. The Trichinella sp. larvae were found in all examined sections of the infected animals. The infection intensity was higher in the badger than the bear and amounted to 218±79.5 larvae per 1 g of muscle, while it was 115±28.5 in the bear. The stated above is explained by the fact that the badger eats carrion more often, and typically visits spontaneous dumps. For post-mortem diagnosis of trichinellosis in the obtained bears and badgers, we can use trichinelloscopy and peptolysis methods which are aimed at detecting infection sources and preventing zoonosis in humans.

Keywords: morphometry, zoonosis, larvae, *Trichinella spiralis*, bear, badger

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the Program of Fundamental Research of the State Academies of Sciences, which forms the basis of the state task No. FNSE-2019-0009.

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

There is no conflict of interests

For citation: Zhdanova O. B., Okulova I. I., Uspensky A. V., Napisanova L. A. Morphological and functional characteristics of Trichinella sp. larvae in bears and badgers in the Kirov Region. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (1): 63–69. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-63-69

© Zhdanova O. B., Okulova I. I., Uspensky A. V., Napisanova L. A., 2022

Введение

При совершенствовании противотрихинеллезных мероприятий в первую очередь необходимо изучить особенности циркуляции возбудителя в системе природного и синантропного биоценозов и его устойчивость. Трихинеллез до сих пор остается важнейшей медицинской, ветеринарной и социально-экономической проблемой. При анализе вспышек заболевания среди населения очевидно, что в большинстве случаев они связаны с употреблением мяса диких животных. Кроме того, имеется корреляция сезона заболеваемости с сезоном охоты на медведей и барсуков [1–5, 10].

В Кировской области, как и в целом по стране медведи и барсуки наиболее часто становятся главной добычей охотников. Хозяйственное значение данных животных складывается из добычи жира и мяса, которое охотники и остальное население часто употребляют в пищу. Ценность жиров многих диких животных неоспорима; в лекарственных целях жиры вытапливаются на паровой бане или в печи. Температура при этом не должна быть высокой (менее100 градусов), чтобы сохранить все полезные свойства. Обычно, от медведя получают около 20–35 кг жира, в зависимости от сезона добычи, от барсука – намного меньше. Особенно ценный жир у сибирских медведей, питающимися кедровыми орехами; он обогащен витаминами группы В, А, Е, К, кальцием и калием. При минусовой температуре жир замерзает, но консистенция позволяет легко его зачерпнуть. Барсучий жир также имеет светло-кремовый, почти белый цвет, но обладает очень легким специфический запахом. При температуре 5 градусов и ниже он начинает застывать и становится твердым. Барсуки более чем медведи неприхотливы в еде, что сказывается и на качестве жира [3, 10-12].

Медведи и барсуки – наиболее частые источники заражения населения трихинеллами. Медведи, и еще чаще барсуки, могут посещать свалки, поедать мертвых животных, а также для них характерно хищничество. Случаи заражения людей при употреблении в пищу мяса барсука и медведя регистрируют ежегодно в Сибири, на Дальнем Востоке, на Северном Кавказе и на Европейской части РФ. Опасность заражения личинками трихинелл обусловлена тем, что трихинеллез широко распространен в природе [2–5]. Нужно отметить возможность инвазирования человека при добыче зараженных трихинеллами животных (особенно, при использовании жира, приготовленного по традиционной технологии, без перетапливания). К тому же, следует учитывать, что и мясо данных животных пользуется достаточно высоким спросом, особенно, среди сельского населения.

Учитывая вышесказанное, целью данной работы стало изучение морфофункциональных особенностей личинок трихинелл у медведей и барсуков в Кировской области.

Материалы и методы

Методом компрессорной трихинеллоскопии (КТ) исследовали 72 среза проб мышечной ткани (в соответствии с МУ «Профилактика гельминтозов, передающихся через мясо и мясные продукты» от 23.09.96) от животных, добытых при научном отстреле. Срезы готовили из мышц ножек диафрагмы и диафрагмы медведей и барсуков по ходу мышечных волокон, и помещали в компрессориум. Затем срезы переносили на предметные стекла, готовили временные препараты и исследовали с использованием различных увеличений (×8, ×20, ×40). Морфометрические измерения осуществляли с помощью микроскопа VisionBio (Epi) при увеличении ×40, затем вычисляли

индекс капсулы [1, 12, 14]. Переваривание (пептолиз) в искусственном желудочном соке (ИЖС) проводили по методу П. А. Владимировой в модификации А. В. Успенского, Ф. Скворцовой после помещения опытных образцов в различные температурные условия от 5 до -18 °С и сравнивали показатели у обоих видов животных. Жизнеспособность личинок трихинелл оценивали в чашке Петри в физрастворе при комнатной температуре. Отмечали морфологические изменения в структуре личинок (наличие свернутых в спираль личинок к общему числу выделенных, свернутых и расправленных) и их подвижность [1, 13].

Результаты и обсуждение

При трихинеллоскопии мяса диких зверей личинок трихинелл обнаружили у 35% барсуков и 15% медведей. При исследовании 72 срезов мышечной ткани более 70 % личинок трихинелл в капсулах были подвижными.

При исследовании методом КТ медведей и барсуков установлено, что капсулы с личинками трихинелл у барсука лимоновидной, реже овальной формы, и имеют индекс (ИК) 0,63, в то время как у медведя преобладает овальная форма с индексом 0,66 (табл. 1). Также, имеются различия в заселении личинками трихинелл различных групп мышц данных животных. Интенсивность инвазии (ИИ) у барсука была выше, чем у медведя и составила 218±79,5 личинок на 1 г мышц, в то время как у медведя – 115±28,5. Вышесказанное объясняется тем, что барсук чаще питается падалью, нередко посещает и спонтанные свалки [11].

Таблица 1

Морфологические особенности капсул с личинками трихинелл у барсука и медведя и их селективное расселение
[Morphological features of capsules with Trichinella sp. larvae in badger and bear and their selective dispersal]

Вид животного [Animal species]	Наиболее заселяемые мышцы [Most populated muscles]	Форма капсул [Capsule shape]	Индекс капсул [Capsule index]
Бурый медведь [Brown bear]	Язык, жевательные, межреберные, диафрагма, пищевод [Tongue, chewing, intercostal, diaphragm, esophagus]	Овальная [Oval]	0,66
Барсук [Badger]	Межреберные, диафрагма, язык, жевательные, пищевод [Intercostal, diaphragm, tongue, chewing, esophagus]	Лимоновидная, реже овальная [Lemon-shaped, less often oval]	0,63

При помещении образцов мышечной ткани в морозильную камеру установлена относительная устойчивость изолята из Кировской области к низким температурам, что следует учитывать при составлении рекомендаций по противотрихинеллезным мероприятиям (табл. 2). Личинки трихинелл, содержащиеся в мясе медведя, несколько устойчивее к низким температурам; имеются и различия в морфологии капсул. Несомненно, этих по-

Таблица 2 [Table 2]

Устойчивость (%) к воздействию низких температур личинок вариетета трихинелл из Кировской области
[Low temperature resistance (%) of Trichinella sp. larvae from the Kirov region]

Время хранения биоматериала в морозильной камере [Biomaterial storage time in the freezer]	Устойчивость (%) личинок трихинелл к воздействию низких температур в разные сроки хранения биоматериала при температуре [Resistance (%) of Trichinella sp. larvae to the effects of low temperatures at different periods of storage of the biomaterial at a temperature]			
	-18 °С		6 °С (контроль)	
	барсука [badger]	медведя [bear]	барсука [badger]	медведя [bear]
6 ч	98	99	100	100
24 ч	85	90	100	100
48 ч	78	82	100	100
1 нед.	50	55	90	95
2 нед.	10	15	90	95
1 мес.	0	0	75	75
2 мес.	0	0	50	50
4 мес.	0	0	0	0

казателей недостаточно для подтверждения вида трихинелл от данных животных, в связи с чем встает вопрос о необходимости проведения ПЦР-тестирования данных изолятов.

Заключение

При составлении рекомендаций по экспертизе туш медведей и барсуков необходимо учитывать различия в локализации личинок трихинелл в различных группах мышц и их морфологические особенности. Следует признать, что профилактические мероприятия, основанные только на посмертной диагностике, не обеспечивают надежной профилактики трихинеллеза [3, 6, 10].

Учитывая вышесказанное, необходимо в обязательном порядке подвергать мясо медведей и барсуков трихинеллоскопии. Помимо совершенствования оборудования ветеринарных лабораторий аппаратами для автоматического переваривания, надо проводить курсы трихинеллоскопистов среди охотников и исследовать всех добытых на охоте диких животных. При идентификации личинок трихинелл в мясе четко дифференцировать их от саркоцист и различных инкапсулированных личинок [7–9, 11]. Нередко, неиспользованные части туши барсуков и медведей выбрасываются на спонтанные свалки и скармливаются домашним животным. В итоге, они могут стать источником инвазии, распространяясь домашними животными, жуками-трупоедами и синантропными грызунами и птицами.

Необходимо разработать эффективные мероприятия по утилизации остатков от трофеев добытых животных. В настоящее время, имеется достаточный арсенал различных режимов обеззараживания, в том числе сжигание и глубокое замораживание биологического материала добытых животных. И хотя, сжигание, являясь наиболее доступным способом, с одной стороны, эффективно решает вопрос предотвращения возникновения синантропных очагов трихинеллеза, возникают серьезные ограничения его применения, такие как пожароопасная ситуация в летнее время и глобальное потепление.

В этой связи, поиск эффективных дезинфектантов для обеззараживания остатков при мездрении шкур, не наносящих ущерба окружающей среде, является по-прежнему актуальным.

Таким образом, помимо обеззараживания биологических остатков охоты с использованием классических дезинфектантов (формалин, хлорсодержащие вещества) можно использовать новые дезинфектанты, такие как написан, растворы азида натрия и др. [2].

Список источников

1. *Андреянов О. Н., Успенский А. В., Скворцова Ф. К.* Трихинеллез в природном биоценозе: биология возбудителя, диагностика и профилактика. М., 2019. С. 7-11.
2. *Ашихмин С. П., Мартусевич А. К., Жданова О. Б.* Азид натрия: некоторые физико-химические свойства и потенциальное место в дезинфектологии // Здоровье населения и среда обитания. 2012. № 4. С. 43-45.
3. *Жданова О. Б., Окулова И. И., Домский И. А., Руднева О. В., Успенский А. В., Стрельникова И. С., Написанова Л. А.* Некоторые рекомендации по диагностике трихинеллеза барсуков. Вопросы обеспечения безопасности заготовки барсучьего жира // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. № 4. С. 28-33.
4. *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.
5. *Жданова О. Б., Распутин П. Г., Масленникова О. В.* Трихинеллез плотоядных и биобезопасность окружающей среды // Экология человека. 2008. № 1. С. 9-11.
6. *Жданова О. Б., Калужских Т. И., Ашихмин С. П., Масленникова О. В., Распутин П. Г., Мутошвили Л. Р.* Гельминтозы собак Кировской области и биобезопасность окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 3. С. 49-53.
7. *Домский И. А., Жданова О. Б., Окулова И. И., Руднева О. В., Успенский А. В., Малышева Н. С., Россохин Д. В.* Некоторые аспекты ветеринарно-санитарной экспертизы мяса диких уток при саркоцистозе // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2021. № 3. С. 31-37.
8. *Масленникова О. В., Жданова О. Б., Мартусевич А. К., Ашихмин С. П., Клюкина Е. С.* Распространение Alaria alata в Кировской области и некоторые особенности ее сокристаллизации с растворами дезинфектантов // Российский паразитологический журнал. 2010. № 3. С. 73-76.
9. *Написанова Л. А., Жданова О. Б., Ашихмин С. П., Окулова И. И., Андреянов О. Н., Тхакахова А. А.* Трихинеллез: некоторые аспекты его мониторин-

га и профилактики: «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научной конференции Всероссийского общества гельминтологов. 2016. Вып. 17. С. 280-282.

10. Правила ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясопродуктов: сборник нормативных документов. М.: Изд-во Минсельхозпрода РФ, 1988. 223 с.
11. *Соловьев В. А., Соловьев А. В.* Зависимость поселений барсука от антропогенных факторов в лесной зоне Вятско-Камского междуречья // Проблемы региональной экологии. 2007. № 5. С. 95-99.
12. *Успенский А. В.* Некоторые особенности распространения трихинеллеза в России // Материалы докладов к 8 научной конференции по проблеме трихинеллеза человека и животных. М., 2000. С. 68-72.
13. *Успенский А. В., Жданова О. Б., Андреянов О. Н., Написанова Л. А., Малышева Н. С.* Трихинеллоскопия туш домашних и диких животных // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 3. С. 71-75.
14. Эпидемиологический надзор за трихинеллёзом: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 26 с.

Статья поступила в редакцию 14.11.2021; принята к публикации 15.01.2022

Об авторах:

Жданова Ольга Борисовна, 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» (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии Вятского государственного агротехнологического университета, ORCID ID: 0000-0003-4912-8518, oliabio@yandex.ru

Окулова Ираида Ивановна, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б. М. Житкова (610000, г. Киров, ул. Преображенская, 79), кандидат ветеринарных наук, доцент, ORCID ID: 0000-0001-9938-4769, okulova_i@mail.ru

Успенский Александр Витальевич, 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» (117218, г. 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, 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» (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-0894-827X, napisanova2015@yandex.ru

Вклад соавторов:

Жданова Ольга Борисовна – развитие методологии, проведение исследований.

Окулова Ираида Ивановна – проведение исследований.

Успенский Александр Витальевич – научное руководство, обзор исследований по проблеме, критический анализ материалов.

Написанова Людмила Александровна – формирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Andreyanov O. N., Uspensky A. V., Skvortsova F. K. Trichinellosis in natural biocenosis: pathogen biology, diagnosis and prevention. Moscow, 2019; 7-11. (In Russ.)
2. Ashikhmin S. P., Martusevich A. K., Zhdanova O. B. Sodium azide: some physical and chemical properties and a potential place in disinfectology. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya = Population health and habitat*. 2012; 4: 43-45. (In Russ.)
3. Zhdanova O. B., Okulova I. I., Domsky I. A., Rudneva O. V., Uspensky A. V., Strelnikova I. S., Napisanova L. A. Some recommendations for the diagnosis of trichinellosis in the badger. Safety issues to procure badger fat. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 2020; 4: 28-33. (In Russ.)
4. Zhdanova O. B., Ashikhmin S. P., Okulova I. I., Beltyukova Z. N. The prevalence of *T. spiralis* and some characteristics of the trichinellosis prevention

in the Kirov Region. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya = Population health and habitat*. 2017; 1 (286): 46-49. (In Russ.)

5. 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.)
6. Zhdanova O. B., Kaluzhskikh T. I., Ashikhmin S. P., Maslennikova O. V., Rasputin P. G., Mutoshvili L. R. Helminthosis in dogs in the Kirov Region and environmental biosafety. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*. 2008; 3: 49-53. (In Russ.)
7. Domsky I. A., Zhdanova O. B., Okulova I. I., Rudneva O. V., Uspensky A. V., Malysheva N. S., Rossokhin D. V. Some aspects of veterinary and sanitary examination of wild duck meat with sarcocystosis. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 2021; 3: 31-37. (In Russ.)
8. Maslennikova O. V., Zhdanova O. B., Martusevich A. K., Ashikhmin S. P., Klyukina E. S. Spread of Alaria alata in the Kirov Region and some characteristics of its cocrystallization with disinfectant solutions. *Rossiyskiy Parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2010; 3: 73-76. (In Russ.)
9. Napisanova L. A., Zhdanova O. B., Ashikhmin S. P., Okulova I. I., Andreyanov O. N., Tkhakakhova A. A. Trichinellosis: some aspects of its monitoring and prevention. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov. = "Theory and practice of parasitic disease control": materials of the reports of the Scientific Conference of the All-Russian Society of Helminthologists*. 2016; 17: 280–282. (In Russ.)
10. Rules for veterinary inspection of slaughter animals and veterinary-sanitary examination of meat and meat products: a collection of regulatory documents. Moscow, Publishing House of the Russian Federation Ministry of Agriculture and Food, 1988; 223. (In Russ.)
11. Solovyov V. A., Solovyov A. V. Dependence of badger settlements on anthropogenic factors in the forest zone of the Vyatka-Kama interfluve. *Problemy regional'noy ekologii = Regional Ecology Issues*. 2007; 5: 95-99. (In Russ.)
12. Uspensky A. V. Some characteristics of trichinellosis spreading in Russia. *Materialy dokladov k 8 nauchnoy konferentsii po probleme trikhinelleza cheloveka i zhivotnykh = Materials of reports for the 8th Scientific Conference on the problem of trichinellosis in humans and animals*. Moscow, 2000; 68-72. (In Russ.)
13. Uspensky A. V., Zhdanova O. B., Andreyanov O. N., Napisanova L. A., Malysheva N. S., Trichinelloscopy of carcasses from domestic and wild animals. *Parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (3): 71-75. (In Russ.)
14. Epidemiological surveillance of trichinellosis: Guidelines. Moscow, 2014; 26. (In Russ.)

The article was submitted 14.11.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Zhdanova Olga B., 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" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Physiology, Vyatka State Agrotechnological University, ORCID ID: 0000-0003-4912-8518, oliabio@yandex.ru

Okulova Iraida I., Russian Scientific Research Institute of Hunting and Fur Breeding named after Professor B. M. Zhitkov (79, Preobrazhenskaya st., Kirov, 610000), Kirov, Russia, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, ORCID ID 0000-0001-9938-4769, okulova_i@mail.ru

Uspensky Alexander V., 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" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, ORCID ID 0000-0001-9115-9890, avuspensky@yandex.ru

Napisanova Lyudmila A., 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" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID 0000-0003-0894-827X, napisanova2015@yandex.ru

Contribution of co-authors:

Zhdanova Olga B. – development of methodology, research.

Okulova Iraida I. – conducting research.

Uspensky Alexander V. – scientific guide, review of research on the problem, critical analysis of materials.

Napisanova Lyudmila A. – formation of conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.772:636.32/.38

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-70-84

Морфологические адаптации и трофические связи преимагинальных стадий *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Структурно-функциональная организация паразитарной системы при вольфартиозе овец

Василий Петрович Толоконников [1], Вячеслав Вячеславович Марченко [2], Виктор Васильевич Михайленко [3], Виктория Сергеевна Соколова [4]

[1–4] Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

[1] ow.tol@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7972-4292

[2] vmedelika@mail.ru, https://orcid.org/0001-0001-9775-4292

[3] viktor.mihaylenKO@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8026-6209

[4] Sokolovavika1996@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-21821-2092

Аннотация

Цель исследований: изучение морфо-биологических особенностей, трофических связей преимагинальных стадий *Wohlfahrtia magnifica* – возбудителей облигатных тканевых миазов у овец.

Материалы и методы. Исследования проводили в степной зоне Ставропольского края в овцеводческих хозяйствах разных форм собственности. Определяли показатели экстенсивности и интенсивности вольфартиозной инвазии, причины распространения вольфартиоза. Учет численности и поведенческие реакции имаго *W. magnifica* изучали при пастбищном и стационарном содержании овец. Учитывали продолжительность жизни и показатели экологической пластичности имаго и личинок вольфартовой мухи. Плодовитость самок определяли методом ручного препарирования под микроскопом МБС-I. При спонтанном и искусственном заражении овец изучали процесс формирования миаза и преимагинального развития паразитирующих личинок *W. magnifica*. Клинические исследования животных проводили по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных исследований позволили установить, что преимагинальное развитие *W. magnifica* Schiner, 1862 в организме хозяина характеризуется кооперацией паразитирующих личинок в процессе развития миаза, комплексом морфологических и физиологических адаптаций, которые связаны с изменением внешнего и внутреннего строения паразитов и функционирования систем их органов. Патогенное действие паразита на организм хозяина (первичное, или специфическое) обусловлено его морфофизиологическими особенностями. Описан феномен внекишечного пищеварения у личинок вольфартовых мух. Питание – основа симбиоза и паразитизма, а знание механизмов, с помощью которых паразиты абсорбируют и частично утилизируют нутриенты, имеет фундаментальное значение для понимания паразитизма и отношений паразит-хозяин.

Ключевые слова: *Wohlfahrtia magnifica*, паразитирующие личинки, трофические связи, морфологические адаптации

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Толоконников В. П., Марченко В. В., Михайленко В. В., Соколова В. С.* Морфологические адаптации и трофические связи преимагинальных стадий *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Структурно-функциональная организация паразитарной системы при вольфартиозе овец // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 70–84.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-70-84

© Толоконников В. П., Марченко В. В., Михайленко В. В., Соколова В. С., 2022

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

Original article

Morphological adaptations and food chains of preimaginal stages of *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Structure functional organization of the parasitic system in wolfarthiosis of sheep

Vasily P. Tolokonnikov [1], Vyacheslav V. Marchenko [2], Viktor V. Mikhailenko [3], Victoria S. Sokolova [4]

[1–4] Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

[1] w.tol@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7972-4292

[2] vmedelika@mail.ru, https://orcid.org/0001-0001-9775-4292

[3] viktor.mihaylenKO@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8026-6209

[4] Sokolovavika1996@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-21821-2092

Abstract

The purpose of the research is the study of morpho-biological characteristics and food chains of the preimaginal stages of *Wohlfahrtia magnifica*, pathogens of obligate tissue myiasis in sheep.

Materials and methods. The studies were performed on sheep farms of various forms of ownership in the steppe zone of the Stavropol Territory. We determined the prevalence and intensity rates of *W. magnifica* infection and causes of wolfarthiosis spreading. The number and behavioral responses of *W. magnifica* imagoes were studied in grazing and stationary management of sheep. We took into account the life expectancy and ecological plasticity rates of *W. magnifica* adults and larvae. The fecundity of females was determined by manual preparation under an MBS-I microscope. The myiasis development process and preimaginal development of parasitic *W. magnifica* larvae were studied in spontaneous and artificial infection of sheep. Clinical studies of animals were performed according to generally accepted methods.

Results and discussion. The results of the studies made it possible to establish that the preimaginal development of *W. magnifica* Schiner, 1862 in the host is characterized by the cooperation of parasitic larvae during the myiasis development and by a complex of morphological and physiological adaptations associated with changes in the external and internal structure of parasites and in the functioning of the systems of their organs. The pathogenic effect of the parasite on the host (primary, or specific) is due to its morphophysiological characteristics. The phenomenon of extraintestinal digestion in the *W. magnifica* larvae was described. Nutrition is the basis of symbiosis and parasitism, and knowledge of the mechanisms by which parasites absorb and partially utilize nutrients is fundamental to understanding parasitism and parasite-host relationships.

Keywords: *Wohlfahrtia magnifica*, parasitic larvae, food chains, morphological adaptations

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

There is no conflict of interests

For citation: Tolokonnikov V. P., Marchenko V. V., Mikhailenko V. V., Sokolova V. S. Morphological adaptations and food chains of preimaginal stages of *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Structure functional organization of the parasitic system in wolfarthiosis of sheep. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (1): 70–84. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-70-84

© Tolokonnikov V. P., Marchenko V. V., Mikhailenko V. V., Sokolova V. S., 2022

Введение

Северо-Кавказский Федеральный округ (СКФО) составляет значительную составную часть крупного экономического района Северного Кавказа с условиями, благоприятными для развития овцеводства, и является центром улучшения породного состава и повышения продуктивности овец в Российской Федерации.

В настоящее время в СКФО и Южном (ЮФО) Федеральных округах сосредоточено 9434,2 и 5945,5, тыс. голов соответственно. В СКФО по регионам первое место по численности овец занимает Республика Дагестан, второе – Республика Калмыкия, третье – Ставропольский край.

Овцеводство обеспечивает легкую промышленность широким ассортиментом ценного сырья: шерстью, овчиной, каракулем, а также поставляет населению высококачественные продукты питания: мясо, молоко, сыр, бараний жир. Отдельные виды продукции овцеводства используются в медицине, парфюмерной отрасли, промышленности и строительстве. Решается задача увеличения продукции овцеводства на основе дальнейшей интенсификации этой отрасли.

Существенным препятствием развития овцеводства и повышения продуктивности овец являются инвазионные болезни, к числу которых относится и вольфартиоз овец, возбудителем которого являются личинки *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae). Установлено, что Ставропольском крае за весенне-летний период вольфартиозом поражается 25–50% поголовья овец разных половозрастных групп [23–26]. У инвазированных животных ослаблен иммунитет, снижаются шерстная, мясная и молочная продуктивность, племенные качества. При отсутствии лечебной помощи инвазированные животные погибают или подлежат выбраковке. Вольфартовы мухи, как компонент синантропного комплекса, участвуют в процессах трансмиссивной передачи возбудителей болезней заразной и незаразной этиологии.

Род Wohlfahrtia в мировой фауне насчитывает более 20 видов, на территориях Российской Федерации и стран СНГ зарегистрировано 9. Это относительно малоспециализированная группа, в составе которой встречаются копрофаги, некрофаги и истинные паразиты.

В доступной литературе отражены результаты исследований видового состава сем. Sarcophagidae (Diptera) в фаунистических синантропных комплексах различных ландшафтных зон на территории бывшего СССР [21], распространения, биологии, экологии вольфартовой мухи в Казахской ССР [1], Украинской ССР [9], Калмыцкой АССР [23], Таджикской ССР [22], Туркменской ССР [32], Узбекской ССР [13], Ставропольском крае [15, 24–26].

Имеются данные о распространении миазов в Италии [39], Европейской части Турции [50], Латинской Америке и Карибском бассейне [51], Испании [36], Швейцарии [52], Венгрии [43, 45, 47], Словакии [46], Индии [42].

Приводятся данные оценки иммунитета у инвазированных овец [44], результаты изучения эффективности иммунизации овец с использованием антигенов из личинок *Lucilia cuprina* [38], опрыскивания овец растворами или эмульсиями пестицидов [48].

Биология, экология, морфологические особенности имаго и преимагинальных стадий рода Wohlfahrtia изучены недостаточно [10], а имеющиеся результаты исследований носят фрагментарный характер.

Если бы биология всех видов Wohlfahrtia была изучена, то данные исследований демонстрировали бы пример неоднократного возникновения паразитизма в пределах одного рода [12]. В тоже время, известно, что сравнительные исследования насекомых разных групп, особенно паразитических, имеют важное значение в изучении их структурных особенностей, адаптаций, диагностических признаков, филогении [17–21].

Важное значение имеют успехи фундаментальной науки в области изучения сравнительной анатомии, физиологии, морфологии, морфофункциональной специализации беспозвоночных [3, 4, 6, 28, 31, 34, 35], оценки паразитизма как явления [5, 8, 14, 33], определения патогенетической сущности воздействия паразитов (и их ассоциаций) на организм хозяина [15, 16], особенностей функционирования и саморегуляции паразитарных систем [2, 7],

До настоящего времени остаются недостаточно изученными многие вопросы морфологических адаптаций, трофических связей, патогенетической сущности воздействия паразитирующих личинок *W. magnifica* на организм хозяина, а имеющиеся результаты ис-

следований носят фрагментарный характер. Существует необходимость изучения метаморфоза возбудителей миазов с целью определения наиболее уязвимых звеньев в их популяционном развитии и разработки на этой основе экологически обоснованных мер борьбы с ними.

Цель наших исследований – изучение морфо-биологических особенностей, трофических связей преимагинальных стадий *W. magnifica* – возбудителей облигатных тканевых миазов у овец.

Материалы и методы

В процессе исследований использовали комплексный подход, включающий методы статистики, эпизоотологического обследования животных, клинических, морфологических и экспериментальных исследований в биологии, экологии и ветеринарной медицине.

Изучение распространения вольфартиоза основывалось на данных, полученных при проведении экспедиционных выездов и стационарных наблюдений в степной зоне Ставропольского края в овцеводческих хозяйствах разных форм собственности. Определяли показатели экстенсивности и интенсивности вольфартиозной инвазии, причины распространения вольфартиоза. Учет численности и поведенческие реакции имаго *W. magnifica* проводили при пастбищном и стационарном содержании овец. Учитывали продолжительность жизни и показатели экологической пластичности имаго и личинок вольфартовой мухи. Плодовитость самок определяли методом ручного препарирования под микроскопом МБС-I.

При спонтанном и искусственном заражении овец изучали процесс формирования миаза и преимагинального развития паразитирующих личинок *W. magnifica*. Клинические исследования животных проводили по общепринятым методикам.

Компьютерную томографию осуществляли с использованием рентгеновского микротомографа Skysgan 1176 (Bruker, Бельгия). Рентгенконтрастирование исследуемого материала, предварительно фиксированного в 10%-ном растворе забуференного нейтрального формалина, обезвоженного в спиртах восходящей концентрации, проводили в 1%-ном спиртовом растворе J2 в течение 24 ч. Объекты исследований сканировали в программе «Skysgan1176», реконструировали в программе «Nregon» (1.7. 4.2, Bruker-micro, Бельгия). Ориентацию в пространстве (x, y, z) и выделение отдельных областей реконструированных материалов определяли в программе «DataViever» (1.5.6.2, Bruker-micro, Бельгия).

Изображения объектов КТ описывали с учетом градации серого цвета от 0 до 255 ед. Визуализацию и анализ данных проводили в программе «CT-analyser» (1.18.4.0, Bruker-micro, Бельгия), 3D визуализацию полученных материалов – в программе «CTvox» (3.3.0r 1403, Bruker-micro, Бельгия). Обработку морфометрических данных осуществляли на основе однофакторного дисперсионного анализа в программе «Primer».

Результаты и обсуждение

Энтомология получила статус самостоятельной дисциплины в связи с установлением исключительно важной роли членистоногих в окружающей среде и хозяйственной деятельности человека. Учеными проведены фундаментальные исследования фауны, сравнительной морфологии и филогении, физиологии, метаболизма, метаморфоза, экологии особей, популяций и сообществ насекомых [3, 4, 11, 12, 17–20, 28, 30, 34, 35]. Как самостоятельная наука, энтомология дифференцировалась на общую и прикладную: сельскохозяйственную, лесную, медицинскую и ветеринарную.

Нами установлено, что вольфартиоз овец имеет широкое распространение в Ставропольском крае и наносит овцеводству значительный экономический ущерб [15, 24–26]. Имаго – свободноживущие, питаются нектаром цветов, раневым экссудатом, фекалиями. В процессе преимагинального развития *W. magnifica* проходит три стадии личинки (три возраста), куколки (внутри пупария) и имаго (собственно мухи). Процесс рождения *W. magnifica* (вылупления из пупария) сопровождается выходом из почвы, расправлением крыльев, пигментацией и затвердением покровов.

Морфологически личинки *W. magnifica* похожи на личинок мух высших двукрылых других видов. Форма их тела однообразная, удлиненная, с редуцированной головной капсулой (рис. 1).

Различают 12 видимых сегментов. Кутикула у личинок складчатая, морщинистая, окра-

Рис.1. Личинка *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae) (ув. ×100)

[Fig.1. Larva of *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862 (Diptera, Sarcophagidae) (×100)]

Примечание. Все приведенные в статье рисунки оригинальные

[Note. All drawings in this article are original]

ска однородная, серо-белого, желтоватого или другого цвета – определяется цветом жирового тела, просвечивающегося через кутикулу. Кутикула личинки покрыта хитиновыми шипами, которые распределяются по ее поверхности с определенной закономерностью. У личинок третьего возраста шипы сосредоточены на границе сегментов, имеют темную, интенсивную окраску, располагаются полосой или перевязью, собраны в прерывистые ряды неправильной формы, что делает личинки заметными при внешнем осмотре.

На первом сегменте (псевдоцефале) расположены: ротовое отверстие, сенсорные органы (не пигментированные образования), число и форма которых различны и хорошо развитые, изогнутые, серповидные ротовые крючья (рис. 2). В теле личинки крючья располагаются таким образом, что на нижней стороне псевдоцефала выдаются передний и задний окончания крючьев, выпуклая же их сторона направлена вверх и находится внутри псевдоцефала (рис. 2).

За псевдоцефалом следуют три грудных и восемь брюшных сегментов. На дорсальной стороне восьмого сегмента расположены парные дыхальца. Последний сегмент представлен возвышениями, которые окружают анальное отверстие. Тело личинки. характеризуется достаточно узким первым сегментом и слегка расширенным последним.

На первом грудном сегменте находятся три ряда шипов, которые располагаются зоной окружения псевдоцефала. По поверхности тела личинки шипы образуют зоны геометрически правильных рядов хитиновых крючьев, направленных острием в противоположную от псевдоцефала сторону.

Вооружение брюшной стенки личинки представлено шипами второго порядка. В меньшей степени подобное строение шипов свойственно и нескольким передним сегментам. Шипы грудных сегментов увеличены в размерах. На втором и третьем грудных сегментах имеется два полных и один короткий ряд шипов. Зоны шипов двух последних брюшных сегментов усилены дополнительным рядом мелких шипов. Вооружение спинной поверхности личинки в области второго и третьего грудных и первого брюшного сегментов дополняется одним коротким рядом шипов. В двух последних рядах средней части тела личинки шипы отсутствуют. Отдельные ряды хитиновых шипов имеют диагональное (ассиметричное) соединение между собой. Ротовые крючья личинки в совокупности с шипами ее первого грудного сегмента и прочной их фиксации, образуют мощный рычаг, который обеспечивает возможность подтягивания тела личинки при ее передвижении в тканях организма хозяина.

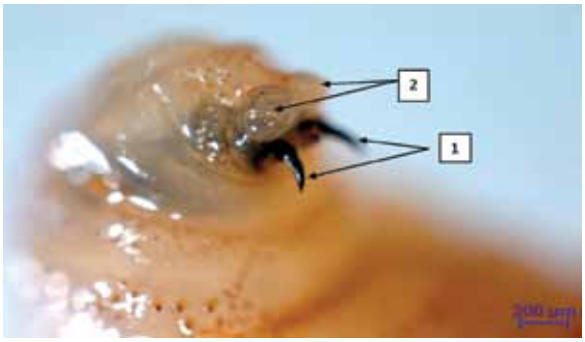

Рис. 2. Псевдоцефал (ув. ×200): ротовые изогнутые крючья личинки (1), сенсорные органы (2)

[Fig. 2. Pseudocephal (×200): oral curved hooks of the larva (1), sensory organs (2)]

Структура ротоглоточного аппарата. Ротоглоточный аппарат характеризуется сильным развитием, достигает у личинок первого возраста длины 0,29 мм, по строению

сходен с таковыми у личинок второго и третьего возрастов. В нем различают оральный, гипостомальный и фарингеальный отделы. В состав головного сегмента входят псевдоцефал и ротовые крючья.

В оральном отделе находится ротовое отверстие, перед которым расположена особая полость (атриум), выход из которой во внешнюю среду является функционирующим ротовым аппаратом (рис. 3).

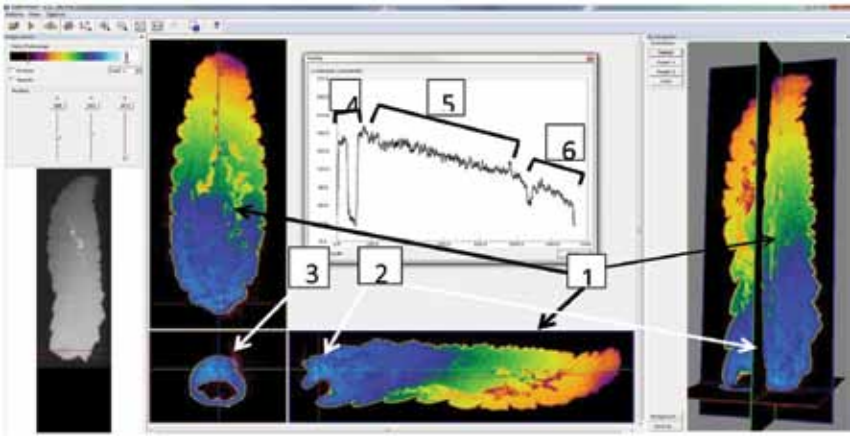

Рис. 3. Тонкосрезовая 3Д томограмма личинки вольфартовой мухи с контрастным усилением (ув. ×500):
1 – тело личинки; 2 – ротовая полость; 3 – атриум;
4–6 – сопоставимая длина кишечника по отделам:
4 – передний отдел; 5 – средняя кишка; 6 – задняя кишка

[**Fig. 3.** Thin-section 3D tomogram of wolfart fly larvae with contrast enhancement (×500):
1 – the body of the larva; 2 – oral cavity; 3 – atrium;
4–6 – comparable length of the intestine by sections:
4 – anterior section; 5 – middle intestine; 6 – hindgut]

Атриум имеет хитиновое покрытие. В структуре орального отдела находится гипофаринкс (подглоточник) – язычкообразное выпячивание внутренней склеротизированной стенки ротовой полости. Гипофаринкс расположен под глоткой и разделяет атриум на передний и задний отделы. В переднем отделе (цибарии) открывается ротовое отверстие, в задний (саливарий) – впадает проток слюнных желёз. В оральном отделе расположены ротовые крючья, которые выполняют функции: фиксации личинок в организме хозяина, альтерации, деструкции органов и тканей в местах их локализации. Ротовые крючья (в основании) соединены между собой срединной пластиной и базальными склеритами, что обеспечивает надежность и прочность их конструкции. Гипостомальный отдел состоит из двух параллельных гипостомальных склеритов, фарингеальный отдел представлен одним крупным склеритом, разделенным на два спинных крыла.

Преимагинальное развитие и питание личинок в миазе. *W. magnifica* – живородящие насекомые, их личинки являются возбудителями облигатных тканевых злокачественных миазов. Круг хозяев паразитирующих личинок вольфартовой мухи необычайно широк – от рептилий до теплокровных. Они развиваются в ранах, естественных полостях, на слизистых оболочках животных разных видов. При возможности выбора жертвы – чаще нападают на овец. В организме хозяина отрожденные личинки вступают в пору интенсивного питания, роста и развития. Питаются исключительно живыми тканями, могут поражать обширные участки тела у инвазированных животных. Процесс развития личинок завершается в течение 5–7 сут, за которые они проходят две линьки, после каждой из которых они переходят в следующую стадию развития или возраст.

Размещение паразитов в миазе. В центре располагаются личинки третьей стадии, за ними – второй, по периферии миаза – первой стадии (рис. 4).

Установлено, что трофические связи личинок в организме хозяина демонстрируют-

Рис. 4. Размещение паразитирующих личинок *W. magnifica* в миазе у овец

[**Fig. 4.** Placement of parasitic larvae of *W. magnifica* in myiasis in sheep]

ся феноменом внекишечного пищеварения. В научной литературе имеются сообщения о внекишечном пищеварении у личинок мух других видов [40, 41].

Процесс внекишечного пищеварения у личинок вольфартовых мух осуществляется на основе введения ими в раны животных энзимов в составе секретов слюнных желез. Набор пищеварительных ферментов определяется типом питания. Отмечено, что органы и ткани у инвазированного животного (уже разрушенные ротовыми крючьями и хитиновыми шипами личинок) подвергаются ферментативному лизису, частично перевариваются, а затем поглощаются личинками в форме готового пищевого субстрата. В основе энзимологической деструкции пищевого субстрата лежат процессы гидролиза компонентов пищи: белков, жиров и углеводов. Высокомолекулярные вещества пищевого субстрата разлагаются на более простые соединения с образованием истинных растворов, способные проникать через стенки кишечника. Основные пищеварительные ферменты у личинок представлены тремя группами: протеолитическими (протеазы), липолитическими (липазы), карболитическими (карбогидразы). Полученная в процессе питания энергия используется паразитами в процессах дальнейшего развития, роста, компенсации энергетических затрат.

Кишечный канал у личинок мух Вольфарта. Расположен между ротовым и анальным отверстиями. Ротовой аппарат сосущего типа, представлен: ротовой полостью, пищеводом, глоткой, через посредство которых личинки всасывают жидкую часть разжиженной пищи: слюну, кровь, лимфу, тканевую жидкость, экссудат, белковый субстрат. Морфологически и по происхождению кишечный канал состоит из передней, средней и задней кишок.

Передняя кишка (стомодеум) выстлана кутикулярной интимой – продолжением кутикулы тела личинки (см. рис. 3). Передняя кишка связана с ротовой полостью, глоткой (кольцевое отверстие), пищеводом (трубкой), провентрикулом (мышечным желудком), представляющим полость с развитыми мышечными стенками и кутикулярными зубцами. Его функция заключатся в механической переработке пищи, ее измельчении и продвижении в среднюю кишку. В других случаях он отфильтровывает плотные частицы пищи от жидкой составляющей. В ротовой полости происходит обработка пищи секретами слюнных желез. Глотка и пищевод выполняют функцию проведения пищевого субстрата в кишечный тракт личинки. Глотка у личинок вольфартовых мух, которые питаются жидким пищевым субстратом, мускулистая, выполняет функцию насоса. Зоб, как продолжение пищевода, служит резервуаром накопления пищи. У личинок вольфартовых мух имеются парные слюнные железы, которые связаны с нижней губой (лабиум) и расположены под средней кишкой (рис. 5).

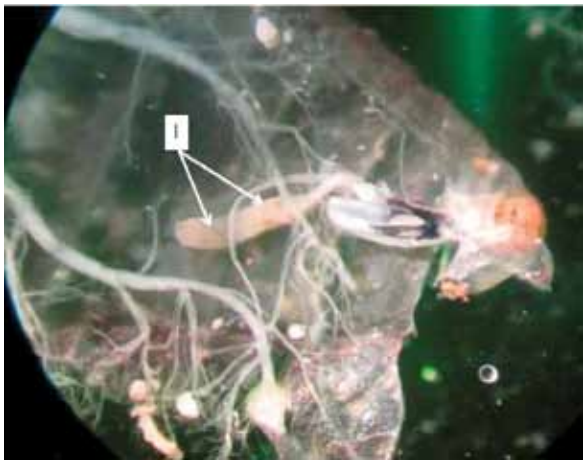

Рис. 5. Слюнная железа личинки *W. magnifica* (1) (ув. ×200)

[**Fig. 5.** Salivary gland of *W. magnifica* larvae (1) (×200)]

Слюнные железы у личинок парные, элипсообразной формы, находятся на близком расстоянии друг от друга. Протоки желез соединяются в общий слюнной проток у основания нижней губы, который открывается в

преоральную полость. Лабиальные железы секретируют ряд пищеварительных энзимов и антикоагулянты, которые предотвращают коагуляцию крови, поглощенной из организма хозяина. Введение слюны личинками в зону подчиняется принципу Awati [37] – не смешивания потоков слюны и жидкой фракции пищи в пределах ротового аппарата личинок, для чего существуют различные морфологические структуры и механизмы.

Средняя кишка (мезентерон) не имеет кутикулярной выстилки. Морфометрически кишечник у личинок вольфартовых мух второго и третьего возрастов имеет сопоставимо большую (в 5–6 раз) длину в сравнении с их телом. Между передней и средней кишками расположен кардиальный клапан, между средней и задней – пилорический. Внутренние органы личинок мух заключены в экзоскелет, защищающий их от внешних воздействий. Выросты внутренних органов у личинок, окружены тонкой кутикулярной оболочкой и находятся внутри экзоскелета.

Пищеварение – сложный процесс. Его сущность заключается в необходимости переработки пищи для последующего ее всасывания кишечником, поскольку пищевой субстрат, поступивший из организма хозяина в первоначальном виде, не усваивается личинками вольфартовой мухи. В переднем и заднем окончаниях средней кишки имеются слепые образования («карманы»), которые, по-видимому, выполняют функцию увеличения площади всасывания. Установлено, что переваривание пищи у личинок вольфартовых мух осуществляется при посредстве процессов фагоцитоза, пиноцитоза, пристеночного пищеварения. Средняя кишка выстлана столбчатыми клетками, среди которых рассеяны крипты, или регенеративные участки, в которых находятся активно делящиеся клетки, обновляющие эпителий. Обратным по отношению к передней и задней кишкам является расположение слоев мышечных оболочек средней кишки, внутренний слой которой состоит из кольцевых мышц, наружный - из продольных. Процесс пристеночного пищеварения принципиально отличается от полостного. Он демонстрируется векторным характером расположения активных центров энзимов, что сопряжено с транспортными системами мембраны. В этом варианте процесс переваривания пищевого субстрата реализуется в совокупности полостного, мембранного пищеварения и продуктов их всасывания. Транспортные системы, предназначенные для обеспечения всасывания, расположены на той же клеточной поверхности, что и пищеварительные ферменты, благодаря чему процесс ассимиляции пищи осуществляется максимально эффективно. Установлено, что скоростные характеристики полостного гидролиза, мембранного гидролиза и всасывания расщепляемых нутриентов находятся в одной полосе значений, вследствие чего формируется «пищеварительно-транспортный конвейер» [20].

Задняя кишка (проктодеум) выстлана кутикулярной интимой; является продолжением кутикулы тела личинки. Здесь находятся ректальные железы. Задняя кишка подразделяется на тонкую, толстую и прямую кишки и оканчивается анальным отверстием. Граница средней и задней кишок служит местом впадения мальпигиевых сосудов. В задней кишке осуществляются процессы усвоения пищи, отбор воды из пищевой массы, формирование и вывод экскрементов в окружающую среду. Полученные в результате пищеварения продукты метаболизма выводятся из организма паразитов при участии жирового тела, пищеварительной, выделительной, дыхательной и других систем.

Жировое тело личинки представлено рыхлой тканью, пронизанной трахеями, которая заполняет пространства между ее внутренними органами (рис. 6), выполняет каркасную, «скелетную» функцию (рис. 7).

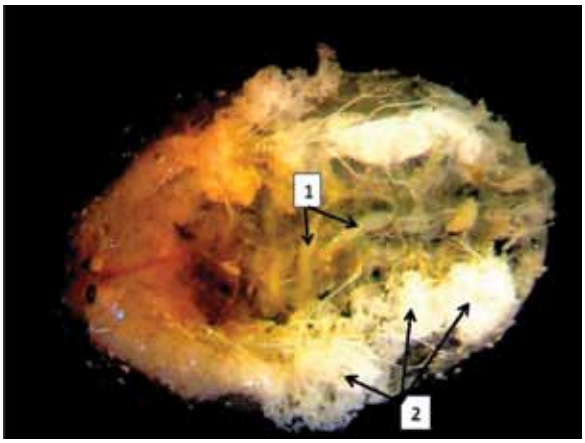

Рис. 6. Петли кишечника в просвете жирового тела личинки (ув. ×100)

[Fig. 6. Loops of intestines in the lumen of the fatty body of the larva (×100)]

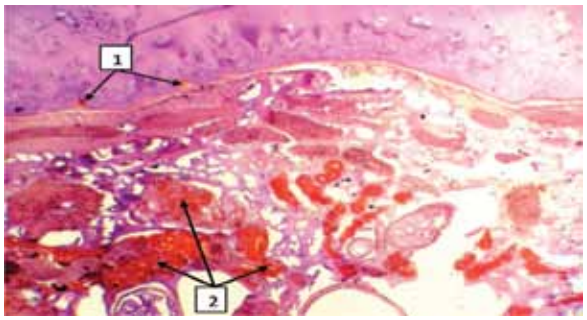

Рис. 7. Продольный срез личинки (окраска суданом III ×100): кутикула с шипами (1); жировая ткань (2)

[**Fig. 7.** Longitudinal section of the larva (stained with Sudan III ×100): cuticle with spines (1); adipose tissue (2)]

В структуре жирового тела выделяют два слоя: висцеральный, прилегающий к кишечнику, и париетальный – расположенный ближе к кутикуле. По цвету жировое тело может быть белым, желтым, оранжевым или зеленоватым (рис. 8).

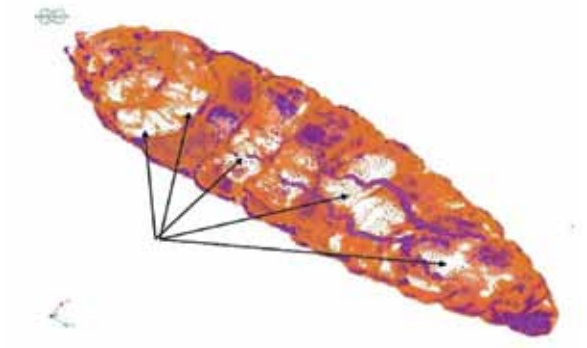

Рис. 8. Жировое депо в просветах кутикулы личинки *W. magnifica* (контрастное усиление ×100)

[**Fig. 8.** Fat depot in cuticle gaps of *W. magnifica* larvae (contrast gain ×100)]

Продукты пищеварения, поступая в гемолимфу, включаются в процессы метаболизма. Почти во всех тканях и клетках личинок осуществляется синтез различных веществ: в гиподерме образуется хитин, в эпителии кишечника – ферменты. Жировое тело, это не депо метаболически пассивного жира; оно представляет центр основных процессов метаболизма, синтеза белков, жиров и углеводов. Основную массу жирового тела образуют трофоциты – клетки, способные синтезировать транспортные и резервные соединения.

Функция депонирования продуктов метаболизма является, в сущности, выделительной: клетки жирового тела накапливают соли мочевой кислоты и другие экскреты, частично дополняя функцию мальпигиевых сосудов. Клетки жирового тела производят накопление экскретов в виде кристаллов.

Дыхательная система. Дыхательная функция у личинок вольфартовой мухи обеспечивается развитой системой трахей, которые пронизывают все ее тело (рис. 9, 1). Связь органов дыхания у личинок с внешней средой осуществляется через задние, слегка вогнутые, дыхальца, которые находятся у личинок вольфартовых мух на полукруглой площадке последнего сегмента (рис. 10). Это открытая трахейная система. У личинок первого возраста дыхальца имеют желтый цвет, у личинок второго и третьего возрастов – коричневый до черного. Размеры и форма обеих дыхалец примерно одинаковые. Латеральные края дыхалец округлые, полулунные, у них есть решетки – створки, поэтому они имеют вид круглых пластинок, слегка срезанных (на 0,05–0,1 мм) у медиального края.

В процессе дыхания воздух через дыхальца поступает в крупные трахейные стволы личинок и далее по разветвлениям трахей достигает трахеол, через которые осуществляется отдача кислорода клеткам и тканям. Поступление воздуха в трахеи происходит или пассивно, посредством диффузии, или активно, с помощью дыхательных движений. Дыхальца снабжены замыкательными аппаратами. Каждое дыхальце ведет в атриальную полость – атриум, которая образует замыкательный контур и систему фильтрации воздуха. Первый наружный замыкательный контур включает две вальвы, закрывающие вход в трахею, второй внутренний представлен структурами в глубине атриума. Система фильтрации воздуха имеется только в дыхальцах внутреннего контура; включает множество щетинок, образующих фильтрационное сито. Замыкательный аппарат обслуживается двумя мышцами, одна из которых – замыкатель, другая – открыватель. Трахея состоит из однослойного эпителия и кутикулы, которая выстилает трахею; состоит из тонкого кутикулярного слоя и толстой хитиново-протеиновой кутикулы, которая образует специальные образования (утолщения) – тенидии, не дающие спадаться

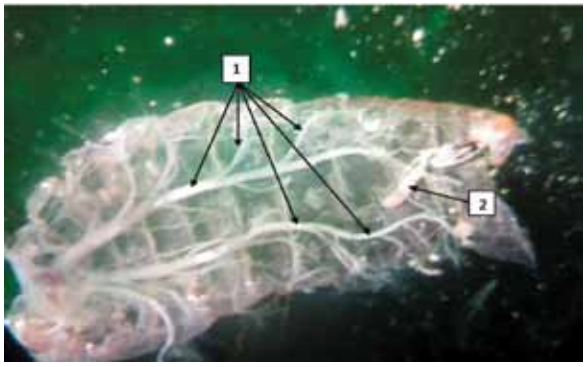

Рис. 9. Личинка *W. magnifica* (ув. ×100):
1 – трахеальная система; 2 – слюнная железа

[**Fig. 9.** *W. magnifica* larva (×100):
1 – tracheal system; 2 – salivary gland]

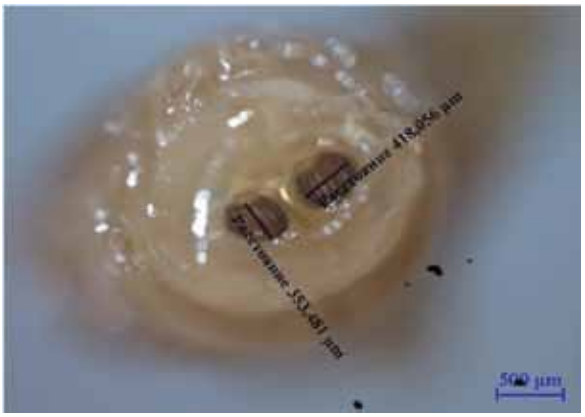

Рис. 10. Дыхальца у личинки вольфартовой мухи (ув. ×200)

[**Fig. 10.** Spiracles in Wolfart fly larvae (×200)]

их просветам. От каждого дыхальца отходят продольные трахейные стволы, из которых берут начало большое число поперечных трахей, обеспечивающих кислородом мускулатуру всех сегментов личинки: пищеварительный тракт, жировое тело, гонады и другие органы. Все трахеальные стволы различного диаметра, связаны между собой комиссурами. Известно, что у двукрылых насекомых самые мелкие выходы трахеи (трахеолы) с диаметром 1–2 мкм, лежат на поверхности клеток или заходят внутрь их, достигая митохондрий. Они обслуживаются звездчатыми клетками, которые являются продолжением трахеолярного эпителия и принимают участие в осуществлении контроля обеспечения тканей насекомых кислородом [20].

У личинок вольфартовых мух в структуре продольных трахеальных стволов имеются воздушные мешки, которые выполняют функцию резерва и обеспечения личинок кислородом в условиях временного отсутствия у них связи с внешней средой. Установлено, что дыхательные движения личинок включают ритмическое расширение одних сегментов у личинок и телескопические надвигания одних на других, создают вентиляционный цикл из трех фаз: вдох (инспирация), выдох (экспирация), пауза. Поступление воздуха в трахею определяется замыкательным аппаратом дыхалец. Интенсивность дыхания зависит от условий внешней среды и потребностей личинок в кислороде. Регуляция подачи воздуха регламентируется: изменением ритма и амплитуды дыхательных движений; использованием резервного воздуха воздушных мешков, когда при закрытых дыхальцах из воздушных мешков (при их сжатии) воздух продавливается по трахеям паразитов. Для личинок вольфартовых мух адекватны оба способа. При экссудативных раневых процессах, высоком уровне интенсивности вольфартиозной инвазии мы наблюдали, как миаз «пузырится», вследствие выдыхаемого личинками воздуха. Объем воздуха, поступающего в трахеи, определяется продолжительностью времени открытия и закрытия дыхалец, а регуляция работы мышц основана на рефлекторном торможении и возбуждении аксонов мышц. Важно отметить, что вне зависимости от способа поступления кислорода в трахеи, процесс дыхания представляет собой окислительный процесс потребления кислорода. В организме личинок кислород окисляет при участии оксидаз молекулы белков, жиров и углеводов, поступивших личинкам с пищевым субстратом. Дыхание сопровождается выделением энергии и образованием метаболитов: углекислого газа, воды, аммиака. Выделенная энергия расходуется личинкой на удовлетворение нужд ее организма. У насекомых соотношение объемов поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа не является постоянной величиной. Установлено, что при поступлении кислорода личинкам, он используется не только органами и тканями паразита, но (частично) растворяется в его гемолимфе. Механизм тканевого дыхания играет у насекомых вторичную роль и, возможно, может иметь значение в условиях недостатка кислорода во внешней окружающей среде. Углекислый газ выделяется наружу; при посредстве: дыхалец,

растворения в гемолимфе или диффузии через кутикулу.

Выделительная система. В процессе метаболизма личинки выделяют растворимые продукты азотного обмена в виде мочевой кислоты и ее солей, щавелевую и фосфорную кислоты, катионы калия, натрия и пр. Экскреторные органы разделяются на две группы: выводящие экскреты и накапливающие их в клетках. К первой группе относятся мальпигиевы сосуды, ко второй – уратные клетки жирового тела. Мальпигиевы сосуды относят к основному экскреторному органу членистоногих. Они представлены слепыми на свободном конце трубочками, впадающими в кишечник до или после пилорического клапана, на границе между средним и задним отделами кишечника. Число трубочек варьирует в пределах 4–75 экз.

Экскреторные и экзокринные функции. Выполняют уратные клетки жирового тела, в котором экскреты откладываются в виде кристаллов мочевой кислоты. Накопление мочевой кислоты в жировом теле осуществляется наряду с обычной ее экскрецией через мальпигиевы сосуды. Экскреторными функциями обладают и лабиальные железы. К экзокринным железам относятся слюнные железы и железистый эпителий средней кишки, выделяющие пищеварительные ферменты.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволили установить, что преимагинальное развитие *W. magnifica* Schiner, 1862 в организме хозяина характеризуется кооперацией паразитирующих личинок в процессе развития миаза, комплексом морфологических и физиологических адаптаций, которые связаны с изменением внешнего и внутреннего строения паразитов и функционирования систем их органов. Патогенное действие паразита на организм хозяина (первичное, или специфическое) обусловлено его морфофизиологическими особенностями. Описан феномен внекишечного пищеварения у личинок вольфартовых мух. Питание – основа симбиоза и паразитизма, а знание механизмов, с помощью которых паразиты абсорбируют и частично утилизируют нутриенты, имеет фундаментальное значение для понимания паразитизма и отношений паразит-хозяин.

Список источников

1. *Ахметов А. А.* К изучению вольфартовых мух (Diptera, Sargophagidae) юго-востока Казахстана // Труды института зоологии. 1982. Т. 40. С. 105-111.
2. *Балашов Ю. С.* Паразито-хозяинные отношения членистоногих с наземными позвоночными. Л.: Наука, 1982. 320 с.
3. *Бей-Биенко Г. Я.* Общая энтомология: учебник. М.: Высшая школа, 1980. 416 с.
4. *Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К.* Экология. Особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 1. 667 с.; Т. 2. 477 с.
5. *Беклемишев В. Н.* Паразитизм членистоногих на наземных позвоночных; пути его возникновения // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1951. № 2. С. 151–160; № 3. С. 233–240.
6. *Беклемишев В. Н.* Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. Т. 2. Органология. М.: Наука, 1964. 444 с.
7. *Беляков В. Д.* Саморегуляция паразитарных систем и механизмы развития эпидемического процесса // Вестник АМН СССР. 1983. № 5. С. 3-9.
8. *Беэр С. А.* Паразитизм // Природа. 1996. № 12. С. 19-26.
9. *Валентюк Е. П.* Морфологические особенности личинок 1 стадии мух рода Wohlfahrtia // Материалы 6 науч. конф. молодых специалистов. Киев, 1969. С. 6–8.
10. *Ган Э. И.* Муха Вольфарта. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1953. 45 с.
11. *Гилмур Д.* Метаболизм насекомых. М.: Мир, 1968. 229 с.
12. *Грунин К. Я.* Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Т. 19. Вып. 4. Подкожные овода. Москва; Ленинград: Издательство АН СССР, 1962. 238 с.
13. *Кадырова М. К.* Биология мух рода Wohlfahritia. Паразитические двукрылые Узбекистана. Ташкент: Фан, 1979. С. 140-157.
14. *Контримавичус В. Л.* Паразитизм и эволюция экосистем // Журнал общей биологии. 1982. Т. 43. № 3. С. 291-302.
15. *Марченко В. В., Толоконников В. П., Чепелева О. Д.* Энтомозы овец и крупного рогатого скота. Мография. Ставрополь: Бюро новостей, 2018. 358 с.
16. *Михайленко В. К., Толоконников В. П., Усачева В. А.* Секреторная функция желудочно-кишечного тракта у овец при вольфартиозе //

Научные труды Ставропольского СХИ. 1981. Вып. 44. Т. 3. С. 88–92.

17. *Павловский Е. Н.* Руководство по паразитологии человека. Т. 2. Мухи. Л., 1948. С. 859-903.
18. *Павловский Е. Н.* Основные задачи энтомологической науки в связи с решением сентябрьского Пленума ЦК КПСС // Энтомологическое обозрение. 1953. Т. 33. С. 451-455.
19. *Павловский Е. Н.* Методы ручного анатомирования насекомых. М.: Изд-во Ан СССР, 1957. 22 с.
20. *Порчинский И. А.* Материалы для естественной истории мух и личинок их, причиняющих болезни у человека и животных с обзором явлений миаза. Санкт-Петербург, 1875. 178 с.
21. *Родендорф Б. Б.* Виды мух сем. Sarcophagidae (Diptera) в фаунистических синантропных комплексах различных ландшафтных зон СССР // Энтомологическое обозрение. 1959. Т. 38. С. 651–657.
22. *Сычевская В. И.* К биологии и экологии вольфартовой мухи (*Wohlfahrtia magnifica* Schin) // Доклады АН Таджик. ССР. 1954. Вып. 12. С. 41-45.
23. *Терновой В. И.* Экология вольфартовой мухи (*Wohlfahrtia magnifica* Schin.) в Калмыцкой АССР и меры борьбы с вызываемыми ею миазами овец: дис. ... канд. биол. наук. М., 1961. 24 с.
24. *Толоконников В. П.* Вольфартиоз овец (биология возбудителя, эпизоотология, патогенез) и новые технологические приемы борьбы с ним в промышленном овцеводстве: дис. ... канд. вет. наук. Ставрополь, 1984. 21 с.
25. *Толоконников В. П.* Иммунобиологические основы, средства и методы борьбы с миазами (эстроз, вольфартиоз) овец: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. СПб., 1995. 40 с.
26. *Толоконников В. П., Лысенко И. И.* Миазы овец: моногр. Ставрополь: АГРУС, 2013. 257 с.
27. *Толоконников В. П., Колесников В. И., Михайленко В. В.* Энтомозы сельскохозяйственных животных. Экологические основы функционирования паразитарных систем при эстрозе и вольфартиозе овец, гиподерматозе крупного рогатого скота // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. Витебск, 2015. Т. 51. Вып. 2. С. 74-80.
28. *Тыщенко В. П.* Физиология насекомых. М.: Высшая школа, 1986. 303 с.
29. *Уголев А. М.* Мембранное пищеварение и процессы усвоения пищи в мире животных // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 1972. Т. 8. № 3. С. 269-279.
30. *Филиппович Ю. Б., Минина Н. И.* Ферменты насекомых. М., 1976. 218 с.
31. *Чайка С. Ю.* Морфофункциональная специализация насекомых – гематофагов. М., 1997. 426 с.
32. *Чарыкулиев Д. М.* К изучению вольфартовой мухи // Известия АН Туркменской ССР. 1962. Т. 6. С. 67-72.
33. *Шатров А. Б.* Краснотелковые клещи и их паразитизм на позвоночных животных. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2000. 276 с.
34. *Шванвич Б. Н.* Курс общей энтомологии. М., 1949. 899 с.
35. *Шовен Р.* Физиология насекомых. М., 2012. 497 с.
36. *Angulo N. L.* Primer caso de oto miasis por *Wohlfahrtia magnifica* descrito en Espana. Med. paisescalidos. 1935; 8: 36.
37. *Awati P. R.* The mechanism of suction in the potato capsid bug, Lygus pabulinus Linn. Proc. Zool. Soc. London. 1914; 2. 685-733.
38. *Bowles V. M., Carnegie P. R., Sandeman R. M.* Immunization of sheep against infection with larvae of the blowfly Lucilia cuprina. Intern. J. Parasitol. 1987; 17 (3): 753-758.
39. *Bonacci T., Curia G., Leoncini R., Whitmore D.* Traumatic myiasis in farmed animals caused by *Wohlfahrtia magnifica* in southern Italy. Fragmenta Entomologica. 2017; 49 (1): 57-60.
40. *Cohen A. C.* Extra-oral digestion in predaceous terrestrial Arthropoda. Ann. Rev. Entomol. 1995; 40. 85-103.
41. *Cohen A. C.* Solid-to-liquid feeding: The inside(s) story of extra-oral digestion in predaceous Arthropoda. Am. Entomol. 1998; 44 (2): 103-116.
42. *Dasgupta B.* On the myiases of the Indian toodBufo me1anostictus. J. Parasitology. 1962; 52. 63–66.
43. *Delanoe E.* Miases du betail du gercle des Doukkalla Causees par ieslarvesd"unemouche Sarcophila, *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862. Bull. Soc. Nat. Maros. 1922; 2: 5-8.
44. *Farkas R., Hornok S., Gyurkovszky M.* Preliminary studies on humoral immune response of sheep to wohlfartiosis. Vet. Parasitol. 1998; 75 (2/3): 279-284.

45. *Farkas R., Hall M. J. R.* Prevalence of traumatic myiasis in Hyngary: a questionnaire survey of veterinarians. Vet. Rec. 1998; 143 (16): 440–443.

46. *Farkas R.* Traumatic myiasis of dogs caused by *Wohlfahrtia magnifica* (Diptera: Sarcophagidae). Folia veterinaria / Univ. of veterinariy medicine. Kosice, 2006; 50 (3): 41–43.

47. *Farkas R., Hall M. J. R., Kelemen F.* Wound myiasis of ship in Hungary. Vet. Parasitol. 1997; 69 (1/2): 133-144.

48. *Kurkwood A.* The efficacy of showers for control of ectoparasites of sheep. Vet. Rec. 1978; 3: 50-54.

49. *Giangaspero A., Brianti E., Traversa D., Hall M. J. R.* A retrospective and geographical epidemiological survey of traumatic myiasis in southern Italy. Medical and Veterinary Entomology. 2014; 28 (4): 391–397.

50. *Richter R., Golz Y. O.* Untersuchungenuber Wohlfahrtib-Myiasis in Anatolien. Dermatol. Wochenschr. 1957; 23. 581–587.

51. *Sánchez-Sánchez R., Calderón-Arguedas Ó., Mora-Brenes N., Troyo A.* Nosocomial myiasis in Latin America and the Caribbean: An overlooked reality? Pan American Journal of Public Health. 2014; 36 (3): 201-205.

52. *Tontis A.* Zur Kutanenen Myiasis des Schafes. Schweiz. Arch. Tierneilk. 1980; 122, 1: 49-53.

Статья поступила в редакцию 05.10.21; принята к публикации 15.01.22

Об авторах:

Толоконников Василий Петрович, Ставропольский государственный аграрный университет (355035, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), Ставрополь, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-7972-4292, w.tol@mail.ru

Марченко Вячеслав Вячеславович, Ставропольский государственный аграрный университет (355035, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), Ставрополь, Россия, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член корреспондент РАН, ORCID ID: 0001-0001-9775-4292, vmedelika@mail.ru

Михайленко Виктор Васильевич, Ставропольский государственный аграрный университет (355035, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), Ставрополь, Россия, кандидат ветеринарных наук, доцент, ORCID ID: 0000-0002-8026-6209, viktor.mihaylenKO@yandex.ru

Соколова Виктория Сергеевна, Ставропольский государственный аграрный университет (355035, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), Ставрополь, Россия, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-21821-2092, Sokolovavika1996@yandex.ru

Вклад соавторов:

Толоконников Василий Петрович – научное руководство, критический анализ материалов и формирование выводов.

Марченко Вячеслав Вячеславович – развитие методологии, критический анализ материалов и формирование выводов.

Михайленко Виктор Васильевич – освоение, отработка и реализация методов томографических, гистоморфологических, гистохимических исследований членистоногих.

Соколова Виктория Сергеевна – системный и аналитический обзор, сравнительный анализ научных литературных данных по изучаемой проблеме.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Akhmetov A. A. On the study of *Wohlfahrtia magnifica* (Diptera, Sargophagidae) of the southeast of Kazakhstan. *Trudy instituta zoologii = Proceedings of the Institute of Zoology*. 1982; 40. 105-111. (In Russ.)

2. Balashov Yu. S. Host-parasite relationships of arthropods with terrestrial vertebrates. Leningrad, Science, 1982; 320. (In Russ.)

3. Bei-Bienko G. Ya. General entomology. Textbook. Moscow, Higher school, 1980; 416. (In Russ.)

4. Bigon M., Harper J., Townsend K. Ecology. Specimens, populations and communities. Moscow, Mir, 1989; 1. 667; 2. 477. (In Russ.)

5. Beklemishev V. N. Parasitism of arthropods on terrestrial vertebrates; ways of its occurrence. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*. 1951; 2: 151–160; 3: 233-240. (In Russ.)

6. Beklemishev V. N. Fundamentals of comparative anatomy of invertebrates. T. 2. Organology. Moscow, Nauka, 1964; 444. (In Russ.)

7. Belyakov V. D. Self-regulation of parasitic systems and mechanisms of epidemic process development. *Vestnik AMN SSSR = Bulletin of the USSR Academy of Medical Sciences*. 1983; 5: 3-9. (In Russ.)

8. Beer S. A. Parasitism. *Priroda = Nature*. 1996; 12: 19-26. (In Russ.)

9. Valentyuk E. P. Morphological characteristics of the 1st stage larvae of flies of the genus Wohlfahrtia. *Materialy 6 nauchnoy konferentsii molodykh spetsialistov = Materials of the 6th Scientific Conference of Young Professionals*. Kiev, 1969; 6-8. (In Russ.)

10. Gan E. I. *Wohlfahrtia magnifica.* Tashkent, Publishing House of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1953; 45. (In Russ.)

11. Gilmour D. Metabolism of insects. Moscow, Mir, 1968; 229. (In Russ.)

12. Grunin K. Ya. Fauna of the USSR. Diptera insects. Vol. 19. Issue. 4. Hypodermatidae. Moscow; Leningrad, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1962; 238. (In Russ.)

13. Kadyrova M. K. Biology of flies of the genus Wohlfahrtia. Parasitic Diptera from Uzbekistan. Tashkent, Fan, 1979; 140-157. (In Russ.)

14. Kontrimavicius V. L. Parasitism and evolution of ecosystems. *Zhurnal obshchey biologii = Journal of General Biology*. 1982; 43 (3): 291-302. (In Russ.)

15. Marchenko V. V., Tolokonnikov V. P., Chepeleva O. D. Entomosis of sheep and cattle. Monography. Stavropol, Byuro novostey (News Bureau), 2018; 358. (In Russ.)

16. Mikhailenko V. K., Tolokonnikov V. P., Usacheva V. A. Secretory function of the gastrointestinal tract in sheep with wolfarthiosis. *Transactions of the Stavropol Agricultural Institute.* 1981; 44 (3): 88–92. (In Russ.)

17. Pavlovsky E. N. Guide to human parasitology. 2. Flies. Leningrad, 1948; 859-903. (In Russ.)

18. Pavlovsky E. N. Main tasks of entomological science in connection with the decision by the September Plenum of the CPSU Central Committee. *Entomologicheskoye obozreniye = Entomological Review*. 1953; 33. 451-455. (In Russ.)

19. Pavlovsky E. N. Methods of manual anatomy of insects. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957; 22. (In Russ.)

20. Porchinskiy I. A. Materials for the natural history of flies and their larvae that cause diseases in humans and animals with a review of myiasis phenomena. Saint Petersburg, 1875; 178. (In Russ.)

21. Rodendorf B. B. Fly species of the family Sarcophagidae (Diptera) in faunistic synanthropic complexes of the various USSR landscape zones. *Entomologicheskoye obozreniye = Entomological Review*. 1959; 38. 651-657. (In Russ.)

22. Sychevskaya V. I. On the biology and ecology of *Wohlfahrtia magnifica* Schin. In: Reports of the Academy of Sciences of the Tajik SSR. 1954; 12: 41-45.

23. Ternovoy V. I. Ecology of *Wohlfahrtia magnifica* Schin. in the Kalmyk ASSR and measures to control myiasis of sheep caused by it: Thesis by ... Cand. Biol. Sc. M., 1961. 24 p.

24. Tolokonnikov V. P. Wolfarthiosis of sheep (pathogen biology, epizootology and pathogenesis) and new technological methods to control it in industrial sheep breeding: Thesis by ... Cand. Vet. Sc. Stavropol, 1984. 21 p.

25. Tolokonnikov V. P. Immunobiological basis, means and methods to control myiases (oestrosis, wolfarthiosis) in sheep: Thesis by ... Dr. Vet. Sc. Saint Petersburg, 1995. 40 p.

26. Tolokonnikov V. P., Lysenko I. I. Myiases of sheep: monograph. Stavropol, AGRUS, 2013. 257 p.

27. Tolokonnikov V. P., Kolesnikov V. I., Mikhailenko V. V. Myiases of live-stock animals. Ecological basis of parasitic systems functioning in case of ovine myiasis and wolfarthiosis, and bovine hypodermatosis. *Bulletin of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine*. 2015; 51(2): 74-80.

28. Tyshchenko V. P. Physiology of insects. Moscow, Vysshaya shkola (Higher school), 1986. 303 p.

29. Ugolev A. M. Membrane digestion and food uptake processes in the wild world. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology.* 1972; 8(3): 269-279.

30. Filippovich Yu. B., Minina N. I. Enzymes of insects. Moscow, 1976. 218 p.

31. Chaika S. Yu. Morphofunctional specialization of hematophagous insects. Moscow, 1997. 426 p.

32. Charykuliev D. M. On the study of the *Wohlfahrtia magnifica*. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Turkmen SSR*. 1962; 6: 67-72.

33. Shatrov A.B. Harvest mites and their parasitism on vertebrates. St. Petersburg: Publishing House of the St. Petersburg State University, 2000. 276 p.

34. Shvanvich B. N. Course in general entomology. Moscow, 1949. 899 p.

35. Chauvin R. Physiology of insects. Moscow, 2012. 497 p.

36. Angulo N. L. Primer caso de oto miasis por *Wohlfahrtia magnifica* descrito en Espana. *Med. paisescalidos*. 1935; 8: 36.

37. Awati P. R. The mechanism of suction in the potato capsid bug, Lygus pabulinus Linn. *Proc. Zool. Soc. London*. 1914; 2: 685-733.

38. Bowles V. M., Carnegie P. R., Sandeman R. M. Immunization of sheep against infection with larvae of the blowfly Lucilia cuprina. *Intern. J. Parasitol.* 1987; 17 (3): 753-758.

39. Bonacci T., Curia G., Leoncini R., Whitmore D. Traumatic myiasis in farmed animals caused by *Wohlfahrtia magnifica* in southern Italy. *Fragmenta Entomologica*. 2017; 49 (1): 57-60.

40. Cohen A. C. Extra-oral digestion in predaceous terrestrial Arthropoda. *Ann. Rev. Entomol*. 1995; 40: 85-103.

41. Cohen A. C. Solid-to-liquid feeding: The inside(s) story of extra-oral digestion in predaceous Arthropoda. *Am. Entomol.* 1998; 44 (2): 103-116.

42. Dasgupta B. On the myiases of the Indian toodBufo me1anostictus. *J. Parasitology*. 1962; 52: 63-66.

43. Delanoe E. Miases du betail du gercle des Doukkalla Causees par ieslarvesd"unemouche Sarcophila, *Wohlfahrtia magnifica* Schiner, 1862. *Bull. Soc. Nat. Maros*. 1922; 2: 5-8.

44. Farkas R., Hornok S., Gyurkovszky M. Preliminary studies on humoral immune response of sheep to wohlfartiosis. *Vet. Parasitol.* 1998; 75(2/3): 279-284.

45. Farkas R., Hall M. J. R. Prevalence of traumatic myiasis in Hyngary: a questionnaire survey of veterinarians. *Vet. Rec.* 1998; 143(16): 440-443.

46. Farkas R. Traumatic myiasis of dogs caused by *Wohlfahrtia magnifica* (Diptera: Sarcophagidae). Folia veterinaria / Univ. of veterinariy medicine. Kosice, 2006; 50(3): 41-43.

47. Farkas R., Hall M. J. R., Kelemen F. Wound myiasis of ship in Hungary. *Vet. Parasitol.* 1997; 69 (1/2): 133-144.

48. Kurkwood A. The efficacy of showers for control of ectoparasites of sheep. *Vet. Rec.* 1978; 3: 50-54.

49. Giangaspero A., Brianti E., Traversa D., Hall M. J. R. A retrospective and geographical epidemiological survey of traumatic myiasis in southern Italy. *Medical and Veterinary Entomology.* 2014; 28 (4): 391-397.

50. Richter R., Golz Y. O. Untersuchungenuber Wohlfahrtib-Myiasis in Anatolien. *Dermatol. Wochenschr.* 1957; 23. 581-587.

51. Sánchez-Sánchez R., Calderón-Arguedas Ó., Mora-Brenes N., Troyo A. Nosocomial myiasis in Latin America and the Caribbean: An overlooked reality? *Pan American Journal of Public Health*. 2014; 36(3): 201-205.

52. Tontis A. Zur Kutanenen Myiasis des Schafes. *Schweiz. Arch. Tierneilk.* 1980; 122, 1: 49-53.

The article was submitted 05.10.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Tolokonnikov Vasily P., Stavropol State Agrarian University (12, Zootekhnichesky lane, Stavropol, 355035), Stavropol, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0002-7972-4292, w. tol@mail.ru

Marchenko Vyacheslav V., Stavropol State Agrarian University (12, Zootekhnichesky lane, Stavropol, 355035), Stavropol, Russia, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, ORCID ID: 0001-0001- 9775-4292, vmedelika@mail.ru

Mikhaylenko Viktor V., Stavropol State Agrarian University (12, Zootekhnichesky lane, Stavropol, 355035), Stavropol, Russia, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, ORCID ID: 0000-0002-8026-6209, viktor. mihaylenko@yandex.ru

Sokolova Victoria S., Stavropol State Agrarian University (12, Zootekhnichesky lane, Stavropol, 355035), Stavropol, Russia, Postgraduate, ORCID ID: 0000-0002-21821-2092, Sokolovavika1996@yandex.ru

Contribution of co-authors:

Tolokonnikov Vasily P. – scientific guidance, critical analysis of materials and the formation of conclusions.

Marchenko Vyacheslav V. – development of methodology, critical analysis of materials and the formation of conclusions.

Mikhailenko Viktor V. – development, development and implementation of methods for tomographic, histomorphological, histochemical studies of arthropods.

Sokolova Victoria S. – a systematic and analytical review, a comparative analysis of scientific literature data on the problem under study.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 595.753

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-85-92

Особенности географической и сезонной изменчивости в развитии тлей (Homoptera, Aphidinea)

Алижон Каримович Хусанов [1], Мухаммадюсуф Шавкатбек угли Джураев [2], Зироатхон Салижановна Абдукадирова [3]

[1–3] Андижанский Государственный Университет, Андижан, Республика Узбекистан

[1] a_xusanov75@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7061-6869

[2] jorayevmuhammadyusufadu093@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4389-4396

[3] a_xusanov75@mail.ru

Аннотация

Цель исследований: изучить особенности географической и сезонной изменчивости тлей Ферганского хребта.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили многолетние сборы, наблюдения и эксперименты, проведенные в 2006–2020 гг. в различных зонах Ферганского хребта (Узбекистан, Кыргызстан). В исследованиях использовали энтомологические, афидологические и статистические методы. Для сравнения образцов использовали методы пси-квадрат В. Барова, «Z» Стьюдента и Фишера. Был проведен математический анализ на основе 16 морфометрических признаков из образцов взрослых особей тлей (n = 10).

Результаты и обсуждение. При дивергенции морфологические особенности тлей являются ключевым фактором в их кормовой растительности и адаптации к ней. Другие факторы окружающей среды в ряде случаев несомненно оказывают прямое воздействие на тлей через кормовые растения. Изучение морфометрических параметров образцов, отобранных в Майлисае и Ханабаде, показало, что вариабельность задней лапы тлей равна нулю, а образцы из Майлисая, значительно отличаются от образцов из Ханабада (P > 0,01). Результаты исследования подтверждают, что образцы из обоих регионов, в основном, подвержены географической изменчивости под влиянием климатических и других факторов, а уровень достоверности различается по морфометрическим показателям.

Ключевые слова: тля, микроэволюция, морфологическая изменчивость, морфометрические признаки, пси-квадрат

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Хусанов А. К., Джураев М. Ш., Абдукадирова З. С.* Особенности географической и сезонной изменчивости в развитии тлей (Homoptera, Aphidinea) // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 85–92.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-85-92

© Хусанов А. К., Джураев М. Ш., Абдукадирова З. С., 2022

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

Original article

Geographical and seasonal variability in the development of aphids (Homoptera, Aphidinea)

Alizhon K. Khusanov [1], Muhammadyusuf Sh. Juraev [2], Ziroatkhon S. Abdukadirova [3]

[1–3] Andijan State University, Andijan, Uzbekistan

[1] a_xusanov75@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7061-6869

[2] jorayevmuhammadyusufadu093@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4389-4396

[3] a_xusanov75@mail.ru

Abstract

The purpose of the research is to study geographical and seasonal variability of aphids from the Ferghana Range.

Materials and methods. The research materials were long-term collections, observations and experiments conducted in various zones of the Ferghana Range (Uzbekistan, Kyrgyzstan) in 2006–2020. The studies used entomological, aphidological and statistical methods. The V. Barov's psi-square and Student and Fisher's Z methods were used to compare the samples. Mathematical analysis was performed based on 16 morphometric characteristics from the samples of adult aphids (n = 10).

Results and discussion. The morphological features of aphids during divergence are a key factor in their range forage and adaptation to it. Other environmental factors have undoubtedly a direct effect on aphids through forage plants in some cases. The study of morphometric parameters of the samples taken in Mayli-Say and Khanabad showed that the variability of the aphid's hindleg was zero, and the samples from Mayli-Say differed significantly from the samples from Khanabad ($P > 0.01$). The study results confirm that the samples from both regions are mainly subject to geographical variability influenced by climatic and other factors, and the confidence level differs in morphometric parameters.

Keywords: aphid, microevolution, morphological variability, morphometric characters, psi square

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

There is no conflict of interests

For citation: Khusanov A. K., Juraev M. Sh., Abdukadirova Z. S. Geographical and seasonal variability in the development of aphids (Homoptera, Aphidinea). *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(1): 85–92. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-85-92

© Khusanov A. K., Juraev M. Sh., Abdukadirova Z. S., 2022

Введение

Микроэволюция – это эволюционный процесс, который происходит в популяциях видов и приводит к изменениям их генофонда, что в конечном итоге приводит к появлению новых видов. В микроэволюции на характер процессов большое влияние оказывают: разделение, жизненные волны, мутации, естественный отбор. Эволюционизирующая система, в отличительной особенности, граница прогрессивного или регрессивного развивающегося процесса, всегда приводят эволюцию быть в той или иной степени мозаичной. Когда адаптация достигает достаточного уровня относительно фактора, изменчивость в этом направлении прекращается [13–15].

В дивергенции морфологические признаки тлей являются ключевым фактором в их кормовой растительности и адаптации к ней. Другие факторы окружающей среды в ряде случаев несомненно оказывают прямое воздействие на тлей через кормовые растения [16–18].

В частности, дивергенция видов в природе, начиная от биологических видов до появления сортов культурных растений и пород домашних животных, является важным доказательством эволюции. Важным условием диверген-

ции является то, что формы, происходящие от одного вида, под влиянием искусственного или естественного отбора, становятся все более отличительными друг от друга по своим признакам, а также и от общих предков [4].

Если вид, занимая широкий ареал, приспосабливается к различным экологическим условиям, происходит дивергенция, которая изначально проявляется в возникновении каких-либо различий между сходными популяциями и неизбежно обусловлена разными направлениями естественного отбора в разных частях ареала вида.

Горы Средней Азии известны своим разнообразием афидофауны и богатым видовым составом. Это, безусловно, связано с богатством горной флоры, климатическими факторами, наличием достаточного количества экологических ниш, а также генетически совершенной ассоциацией афидофауны Центральной Азии с фауной северных широт Палеарктики [1, 8].

Кормовое растение является ключевым фактором при определении наличия тлей в том или ином месте вдоль вертикальных участков. Специальных обобщенных исследований изменчивости тлей в предгорьях не проводилось [1].

Происхождение основной части афидофауны Средней Азии связано с автохтонами европейско-сибирской и средиземноморской фауны [8].

Сведения о межвидовой и внутривидовой изменчивости широко освещены в работах отдельных крупных афидологов в процессе описания новых видов [3, 5, 7, 9–12].

Некоторые из них относятся к сравнительному изучению морфологически близких видов тлей анурафидин, и это имеет важное значение в качестве нетрадиционного метода определения этих насекомых. Имеются также и другие сведения об изменчивости морфологических признаков некоторых других групп тлей. М. Х. Ахмедов проводил систематические исследования по разным направлениям изменчивости (географические, вертикальные регионы, сезонность, влияние кормовых растений на морфологические особенности) [1, 14, 16–18].

Целью наших исследований было изучение особенностей географической и сезонной изменчивости тлей Ферганского хребта.

Материалы и методы

Материалом для исследований служили многолетние сборы, наблюдения и эксперименты, проведенные в 2006–2020 гг. в различных зонах Ферганского хребта (Майлисай – юго-восточные склоны Ферганского хребта, Ханабад – предгорья Ферганской и Алайской горных систем). В исследованиях использовали энтомологические, афидологические и статистические методы [1, 2, 16]. В период исследований собрано 50 экз. тлей, из них приготовлено 32 тотальных препарата.

Для сравнения образцов применяли методы пси-квадрат В. Барова, «Z» Стьюдента и Фишера [6].

В ходе изучения была предпринята попытка анализа особенностей морфологической изменчивости (географической, сезонной) тлей. Был проведен математический анализ на основе 16 морфометрических признаков из образцов взрослых особей тлей (n = 10) (1-й – высота тли, 2-й – ширина тли, 3-й – высота головы, 4-й – ширина головы, 5-й – общая длина усиков, 6-й – длина первого и второго члеников усиков, 7-й – длина третьего, 8-й –длина четвёртого, 9-й – длина пятого, 10-й –длина шестого членика усиков, 11-й – длина IB членика хоботка, 12-й – длина трубочки, 13-й – длина хвостика, 14-й – длина бедра, 15-й – длина голени, 16-й – длина II его членика задней лапы).

Результаты и обсуждение

В последние годы на всей территории Ферганского хребта широко проводятся афидологические исследования. В их ходе отражаются результаты изучения особенностей формирования новых видов и тот факт, что в микроэволюционных взаимоотношениях под влиянием климатических факторов одного и того же региона проявляются такие особенности, как дивергенция видов.

Экологические зоны Майлисай и Ханабад схожи между собой по некоторым климатическим условиям, особенно в том, что расположены в горных районах, но отличаются рельефом и другими природными условиями. В обоих регионах ежегодно выпадает много осадков, что создает своеобразные биологические условия для развития тлей. Поэтому, у видов тлей, обитающих в этих регионах, можно наблюдать значительные различия в чис-

ленности особей в популяции и морфометрических параметрах.

Морфометрические параметры образцов, отобранных в Майлисае и Ханабаде, также сравнивали указанным выше методом. В этом случае было доказано, что только изменчивость (лап) пальцев тлей равна нулю, а по другим признакам образцы, взятые из Майлисая, значительно отличаются от образцов, собранных из Ханабада (P > 0,01).

Результаты исследований показали, что образцы, взятые из обоих регионов, в основном подвержены географической изменчивости под влиянием климатических и других факторов, и доказывают возникновение различий степени достоверности в морфометрических показателях.

Ниже приведены результаты изучения географических различий на основе сравнительного анализа тли *Mysaphis rosarum* Nevs., взятых из *Rosa ecae* Aitcn, произрастающей в осенние месяцы 2018 г. в экологических зонах Майлисая и Ханабада (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный морфометрический анализ тлей Майлисая и Ханабадского района [Comparative morphometric analysis of aphids in Maylisay and Khanabad district]

T/P	Морфометрический признак [Morphometric trait]	Значение признака (мм) для экологической зоны [Feature value (mm) for ecological zone]		d*	t_f	t_{st}	P
		Майлисай	Ханабад				
1	Длина тела [Body length]	3,04±0,0529	3,75±0,7887	-0,71	0,89	-	-
2	Ширина тела [Body width]	1,63±0,0556	1,48±0,0235	0,15	2,50	2,18	0,05
3	Высота головы [Head height]	0,32±0,0012	0,32±0,0004	0	-	-	-
4	Ширина головы [Head width]	0,54±0,0006	0,65±0,0002	-0,12	189	4,32	0,001
5	Общая длина усиков [The total length of the antennae]	3,55±0,4704	3,92±0,2675	-0,37	0,68	-	-
6	Длина первого и второго усиков [Length of first and second antennal segments]	0,28±0,0004	0,32±0,0001	-0,04	2,0	-	-
7	Длина III членика [The length of the third segment]	0,92±0,0662	1,24±0,0373	-0,32	4,21	3,05	0,01
8	Длина IV членика [Length of the fourth segment]	0,69±0,0188	0,84±0,0051	-0,15	7,73	4,32	0,001
9	Длина V членика [The length of the fifth segment]	0,61±0,0175	0,83±0,0024	-0,22	12,5	4,32	0,001
10	Длина VI членика [Length of the sixth segment]	1,04±0,0179	1,20±0	-0,16	8,93	4,32	0,001
11	Длина IV членика хоботка [The length of the fourth segment of the proboscis]	0,15±0,0000	0,15±0,0003	0	-	-	-
12	Длина трубочки [Tube length]	1,23±0,0424	1,33±0,0259	-0,1	2,01	-	-
13	Длина хвостика [Ponytail length]	0,42±0,0149	0,60±0,0085	-0,18	10,5	4,32	0,001
14	Длина бедра [Thigh length]	1,25±0,0365	1,85±0,0219	-0,6	14,11	4,32	0,001
15	Длина голени [Calf length]	2,31±0,2500	2,77±0,0302	-0,46	1,83	-	-
16	Длина II его членика задней лапы [Length of the second segment of the hind leg]	0,14±0,0001	0,18±0,0006	-0,04	65,7	4,32	0,001

Примечание для таблиц 1-4. * d – разность между сравниваемыми величинами; t_f и t_{st} – нормированное отклонение, критерий Стьюдента; P – вероятность события; доверительная вероятность

[Note for tables 1-4. * d – difference between compared values; t_f and t_{st} – normalized deviation, Student's criterion; P – the probability of an event; confidence probability]

Размер тлей в Майлисайском районе был несколько меньше образцов в Ханабадском районе (см. табл. 1). Например, разница в ширине головы, IV–VI члениках усов, хвосте, длине бедра и длине II сустава задней лапы в двух выборках регионов была в пределах высокой достоверности в соответствии с критерием Стьюдента (t_{st} = 4,32, P > 0,001). Разница между шириной тела и III члеником усов составила P > 0,01.

У образцов из обоих регионов не было различий только в высоте головы (x1,2 = 0,32) и длине IV членика хоботка (x1,2 = 0,15).

Следует отметить, что возможность естественной адаптации видов тлей, обитающих в горных районах, формируется периодически, при адаптации к среде обитания; влияние природных условий и антропогенных факторов вызывает различия в морфометрических показателях видов.

Образование новых видов в результате микроэволюции, дивергенции видов и других климатических факторов нашло отражение в научном анализе. В частности, образование подтипа *Euceraphis pilosa arslonbobica* Akhm. et Khus. является подтверждением нашего утверждения. При сравнении вида *Euceraphis pilosa* Nevs. с подвидом *Euceraphis pilosa arslonbobica* Akhm. et Khus. морфометрические показатели по пси-квадратичному методу В. Барова, у тли вида *Euceraphis pilosa* Nevs. достоверно (P > 0,05) отличались от подвида *Euceraphis pilosa arslonbobica* Akhm. et Khus [2].

Морфометрические признаки тлей меняются в течение сезона под влиянием различных факторов. Это особенно заметно при изменении их формы тела, усиков, бёдер, голени и длины лап.

Особенности сезонной изменчивости тлей исследованы на примере вида Cinara tujafilina. В частности, длина особей весной составляла в среднем 3,25 мм (n = 10), а летом снижалась до 3,18 мм. Однако, осенью этот показатель несколько увеличивался ($\overline{x}$ = 3,36).

Сезонная изменчивость ширины тлей отразилась на всех морфометрических показателях; морфометрические признаки весенних и осенних образцов характеризовались близостью относительно друг друга.

Летом размеры особей были значительно меньше; наблюдались явные различия в их биометрических показателях по сравнению с другими сезонами ($\overline{x}$ = 1,33, $\overline{x}$ = 0,00013, $\overline{x}$ = 0,011, $\overline{x}$ = 0,0036 и V = 0,82).

Значение показателя вариации одного признака прямо- пропорционально значениям дисперсии, а их сезонное изменение происходит постоянно параллельно. Вариационные показатели морфометрических признаков тлей сравнительно проанализировали по критерию Стьюдента и определены уровни достоверности (табл. 2–4).

Таблица 2 [Table 2]

Сравнительный анализ вариационных коэффициентов морфологических признаков тли *Cinara tujafilina* весной и летом

[Comparative analysis of variation coefficients of morphological traits of aphids *Cinara tujafilina* in spring and summer]

№	Морфометрический признак [Morphometric trait]	Соотношение вариаций [Variation ratio] V_1, V_2, %	t_f	t_{st}	P
1	Высота тела	0,70 × 0,53	0,89	2,10	-
2	Ширина тела	1,01 × 0,82	0,67	2,10	-
3	Длина усиков	3,42 × 2,25	1,28	2,10	-
4	Длина бедра	0,67 × 1,08	1,46	2,10	-
5	Длина голени	0,72 × 4,71	3,76	2,88	P > 0,01
6	Длина лапки	2,31 × 1,88	0,65	2,10	-

У насекомых адаптация к климатическим условиям наблюдается тогда, когда условия меняются в границах ареала первоначального распространения и происходят естественным или искусственным путем.

Адаптация насекомых к климату может сопровождаться массовым размножением акклиматизированных насекомых. Климатические факторы играют важную роль в развитии и адаптации любого организма к разным биоценозам.

Благоприятные условия для развития тлей – умеренно высокая температура и влажность. После сезонных дождливых дней интенсивность размножения тлей резко возрастает. Но в любых условиях роль климатических факторов в развитии тлей своеобразна.

Таблица 3 [Table 3]

Сравнительный анализ вариационных коэффициентов морфологических признаков тли *Cinara tujafilina* летом и осенью

[Comparative analysis of variation coefficients of morphological traits of aphids *Cinara tujafilina* in summer and autumn]

№	Морфометрический признак [Morphometric trait]	Соотношение вариаций [Variation ratio] V_1, V_2, %	t_f	t_{st}	P
1	Высота тела	0,53 × 0,35	1,28	2,10	-
2	Ширина тела	0,82 × 1,02	0,68	2,10	-
3	Длина усиков	2,25 × 2,54	-0,38	2,10	-
4	Длина бедра	1,08 × 0,64	0,65	2,10	-
5	Длина голени	4,71 × 044	4,48	3,92	P > 0,001
6	Длина лапки	1,88 × 0,018	4,43	3,92	P > 0,001

Таблица 4 [Table 4]

Сравнительный анализ вариационных коэффициентов морфологических признаков тли *Cinara tujafilina* весной и летом

[Comparative analysis of variation coefficients of morphological traits of aphids *Cinara tujafilina* in spring and autumn]

№	Морфометрический признак [Morphometric trait]	Соотношение вариаций [Variation ratio] V_1, V_2, %	t_f	t_{st}	P
1	Высота тела	0,70 × 0,35	2,05	2,10	-
2	Ширина тела	1,01 × 1,02	0,031	2,10	-
3	Длина усиков	3,42 × 2,54	0,92	2,10	-
4	Длина бедра	0,67 × 0,64	0,044	2,10	-
5	Длина голени	0,72 × 0,44	1,55	2,10	-
6	Длина лапки	2,31 × 0,018	4,49	3,92	P > 0,001

В частности, в южных районах Ферганского хребта (Арсланбаб, 2014–2018 гг.), где проводились исследования, влияние климатических факторов (температуры, влажности и высоты) на количественную плотность тлей и соответствие их математическим законам полностью научно обосновано.

Исследования проводили путем сравнения средних температурных коэффициентов с марта по ноябрь на основе соотвествующих показателей, разделив сезонный температурный фактор на три периода, т. е. начальной, максимальной температуры, а также периодов постепенного снижения температуры. В частности, с третьей декады марта по первую декаду июля при анализе влияния температуры на плотность тлей коэффициент корреляции количественной плотности составил r = 0,798. Исследование этой величины методом Z Фишера показало, что значение t_z = 3,02 оказалось надежным при P > 0,05, поскольку фактическое значение было больше стандартного.

При изучении изменения температурного фактора со второй декады июля по первую декаду сентября коэффициент корреляции количественной плотности соков составил r = -0,156.

По критерию «Z» Фишера значение t_z = 0,26, $t_f < t_{st}$, P < 0,05 было признано недостоверным. Со второй декады сентября по третью декаду ноября коэффициент корреляции плотности числа тлей составил r = 0,876, по критерию Фишера t_z = 2,97. Результаты достоверны при $t_f > t_{st}$ и P > 0,05.

Заключение

Любые организмы экологически группируются в соответствии с условиями их проживания в природе. В этой группировке климатические факторы оказывают непосредственное влияние животных и растений, в целом, на образ жизни живых организмов. Климатические факторы также являются одним из условий борьбы за существование. Организмы, при-

нявшие это влияние, находят свое место в биоценозе. Именно в этой области формируется взаимосвязь микроэволюции и дивергенции.

Закономерности дивергенции и микроэволюции тлей, их биологическая и статистическая значимость отражены в анализе и полученных результатах. Еще одним важным аспектом этого направления является то, что на примере тлей можно изучать и анализировать законы дивергенции и микроэволюции любого другого организма.

Список источников

1. *Ахмедов М. Х.* Тли – афидиды (Homoptera, Aphidinea, Aphididae) аридно-горных зон Средней Азии (экология, фауногенез, таксономия): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 1995. 45 с.
2. *Ахмедов М. Х., Хусанов А. К.* Берёзовые тли (Homoptera, Aphidinea), их биология и распространение в Центральной Азии // Естественные и технические науки. 2011. № 2 (52). С. 106-110.
3. *Верещагин Б. В., Андреев А. В., Верещагина А. Б.* Тли Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1985. 158 с.
4. *Дарвин Ч.* Избранные письма. Издательство иностранной литературы. М., 1950. 254 с.
5. *Ивановская О. И.* Тли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. Ч. 1. С. 3-269; Ч. 2. С. 3-322.
6. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 372 с.
7. *Мухамедиев А. А., Ахмедов М. Х.* Жимолостные тли Средней Азии. Ташкент: Фан, 1982. 115 с.
8. *Нарзикулов М. Н.* К зоогеографической характеристике и эндемизму афидофауны гор Средней Азии. В кн.: Вопросы зоологии Таджикистана. Душанбе, 1972. С. 87-100.
9. *Нарзикулов М. Н.* Тли (Homoptera, Aphididae) Таджикистана и сопредельных республик Средней Азии (Фауна Таджикской ССР). Душанбе: Изд. АН Тадж. ССР, 1962. Т. IX. Вып. 1. 272 с.
10. *Нарзикулов М. Н. Даниярова М. М.* Тли Таджикистана и сопредельных районов Средней Азии (Homoptera, Aphidinea, Aphididae, Aphidini). Фауна Таджикской ССР. Т. 9. Ч. 3. Душанбе: Дониш, 1990. 252 с.
11. *Нарзикулов М. Н., Умаров Ш. А.* Тли (Homoptera, Aphidinea) Таджикистана и сопредельных районов Средней Азии (Aphidinae, Macrosiphonini) (Фауна Таджикской ССР). Душанбе: Дониш, 1969. Т. IX. Вып. 2. 253 с.
12. *Невский В. П.* Тли Средней Азии. УзОСТАЗРа. Ташкент, 1929. 424 с.
13. *Симпсон Д. Г.* Темпы и формы эволюции. М., 1948. С. 1-358.
14. *Стекольшиков А. В.* Тли (Homoptera, Aphididae) древесных розоцветных и их связь с травянистыми растениями: автореф. дис. … канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 1992. 45 с.
15. *Тахтаджян А. Ё.* Система и филогения цветковых растений. М.-Л.: Наука, 1966. 611 с.
16. *Шапошников Г. Х.* Морфологическая дивергенция и конвергенция в эксперименте с тлями (Homoptera, Aphidinea) // Энтомологические обозрение. 1965. Т. 44. № 1. С. 3-5.
17. *Шапошников Г. Х.* Новые виды рода Dysaphis Borner (Homoptera, Aphidinea) и особенности таксономической работы с тлями // Энтомологическое обозрение. 1986. Т. 65. Вып. 3. С. 535-551.
18. *Шапошников Г. Х.* Образование комплексов близких форм и их изучение у тлей (Homoptera, Aphididae) // Зоологический журнал. 1987.Т. LXVI. Вып. 8. С. 1196-1208.

Статья поступила в редакцию 14.04.21; принята к публикации 15.01.22

Об авторах:

Хусанов Алижон Каримович, Андижанский государственный университет (170100, г. Андижан, Университетская, 129), Андижан, Республика Узбекистан, доктор биологических наук, доцент, ORCID ID: 0000-0002-7061-6869, a_xusanov75@mail.ru

Джураев Мухаммадюсуф Шавкатбек угли, Андижанский государственный университет, (170100, г. Андижан, Университетская, 129), Андижан, Республика Узбекистан, ORCID ID: 0000-0002-4389-4396, jorayevmuhammadyusufadu093@gmail.com

Абдукадирова Зироат Солиджоновна, Андижанский государственный университет (170100, г. Андижан, Университетская, 129), Андижан, Республика Узбекистан, соискатель, a_xusanov75@mail.ru

Вклад соавторов:

Хусанов Алижон Каримович – научное руководство, формирование выводов.

Джураев Мухаммадюсуф Шавкатбек угли – развитие методологии, критический анализ материалов и формирование выводов.

Абдукадирова Зироат Солиджоновна – критический анализ материалов и формирование выводов, обзор исследований по проблеме.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Akhmedov M. Kh. Aphids (Homoptera, Aphidinea, Aphididae) from the arid mountain zones of Central Asia (ecology, faunagenesis, taxonomy): autoref. dis. ... Dr. Biol. Sc. Tashkent, 1995; 45 p. (In Russ.)
2. Akhmedov M. Kh., Khusanov A. K. Birch aphids (Homoptera, Aphidinea), their biology and spread in Central Asia. *Russian journal "Natural and technical sciences" = Russian Journal "Natural and Engineering Science"*. 2011; 2(52): 106-110. (In Russ.)
3. Vereshchagin B. V., Andreev A. V., Vereshchagina A. B. Aphids from Moldova. Chisinau, Shtiintsa, 1985; 158 p. (In Russ.)
4. Darwin C. Selected Letters. Foreign Literature Publishing House. Moscow, 1950; 254 p. (In Russ.)
5. Ivanovskaya O. I. Aphids from Western Siberia. Novosibirsk, Science, 1977; 1: 3-269; 2: 3-322. (In Russ.)
6. Lakin G. F. Biometrics. Moscow, Higher school, 1980; 372 p. (In Russ.)
7. Mukhamediev A. A., Akhmedov M. Kh. Honeysuckle aphids from Central Asia. Tashkent, Fan, 1982; 115 p. (In Russ.)
8. Narzikulov M. N. Zoogeographical characteristics and endemism of the aphid fauna in the Central Asia mountains. In: *Zoology Issues of Tajikistan*. Dushanbe, 1972; 87-100. (In Russ.)
9. Narzikulov M. N. Aphids (Homoptera, Aphididae) from Tajikistan and adjacent Central Asia Republics (Fauna of the Tajik SSR). Dushanbe: Publishing House of the Tajic SSR Academy of Sciences, 1962; IX (1): 272 p. (In Russ.)
10. Narzikulov M. N., Daniyarova M. M. Aphids from Tajikistan and adjacent regions of Central Asia (Homoptera, Aphidinea, Aphididae, Aphidini). *Fauna in the Tajik SSR*. Vol. 9. Part 3. Dushanbe: Donish, 1990; 252. (In Russ.)
11. Narzikulov M. N., Umarov Sh. A. Aphids (Homoptera, Aphidinea) from Tajikistan and adjacent regions of Central Asia (Aphidinae, Macrosiphonini). *Fauna in the Tajik SSR*. Dushanbe: Donish, 1969; IX(2): 253. (In Russ.)
12. Nevsky V. P. Aphids from Central Asia. The Uzbek Experimental Plant Protection Station. Tashkent, 1929; 424 p. (In Russ.)
13. Simpson D. G. Rates and forms of evolution. Moscow, 1948; 1-358. (In Russ.)
14. Stekolshikov A. V. Aphids (Homoptera, Aphididae) of arboreal Rosaceae and their relationship with herbaceous plants: autoref. dis. … Cand. Biol. Sc. Saint-Petersburg, 1992; 45 p. (In Russ.)
15. Takhtadzhyan A. Yo. System and phylogeny of flowering plants. Moscow-Leningrad, Nauka (Science), 1966; 611 p. (In Russ.)
16. Shaposhnikov G. Kh. Morphological divergence and convergence in an experiment with aphids (Homoptera, Aphidinea). *Entomologicheskiye obozreniye = Entomological Review.* 1965; 44(1): 3-5. (In Russ.)
17. Shaposhnikov G. Kh. New species of the genus Dysaphis Borner (Homoptera, Aphidinea) and taxonomic work with aphids. *Entomologicheskiye obozreniye = Entomological Review.* 1986; 65(3): 535-551. (In Russ.)
18. Shaposhnikov G. Kh. Formed complexes of related forms and their study in aphids (Homoptera, Aphididae). *Journal of Zoologicy.* 1987; LXVI(8): 1196-1208. (In Russ.)

The article was submitted 14.04.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Khusanov Alizhon K., Andijan State University (129, Universitetskaya st., Andijan, 170100), Andijan, Republic of Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, ORCID ID: 0000-0002-7061-6869, a_xusanov75@mail.ru

Juraev Muhammadyusuf Sh., Andijan State University, (129, Universitetskaya st., Andijan, 170100), Andijan, Republic of Uzbekistan, ORCID ID: 0000-0002-4389-4396, jorayevmuhammadyusufadu093@gmail.com

Abdukadirova Ziroatkhon S., Andijan State University (129, Universitetskaya st., Andijan, 170100), Andijan, Republic of Uzbekistan, applicant, a_xusanov75@mail.ru

Contribution of co-authors:

Khusanov Alizhon K. – scientific leadership, drawing conclusions.

Juraev Muhammadyusuf Sh. – development of methodology, critical analysis of materials and formation of conclusions.

Abdukadirova Ziroatkhon S. – critical analysis of materials and formation of conclusions, a review of research on the problem.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.1

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-93-100

Смешанные стронгилятозы пищеварительного тракта и аноплоцефалятозы овец в разрезе вертикальной поясности Дагестана

Мадина Магомедовна Зубаирова [1], Агай Мухтарович Атаев [2], Надырсолтан Тавсултанович Карсаков [3], Муслим Аббасович Ахмедов [4]

[1, 2, 4] Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова, Махачкала, Россия

[3] Республиканская ветеринарная лаборатория, Махачкала, Россия

[1] azubairowa@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-5499-9361

[2] zubairowa@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-4543-7778

[3] dagrvl45@mail.ru https://orcid.org/ 0000-0002-1789-1845

[4] muslimvet@mail.ru https://orcid.org/ 0000-0003-0982-5300

Аннотация

Цель исследований: изучить смешанные инвазии стронгилятозов пищеварительного тракта и аноплоцефалятозы овец в разрезе вертикальной поясности Дагестана.

Материалы и методы. В 2000-2020 гг. исследовано 360 комплектов пищеварительного тракта овец и 600 проб фекалий в равнинном, предгорном, горном поясах Дагестана. Материал анализировали у молодняка до 1 года, от 1 года до 2 лет и животные старше трех лет. Исследование проводили все четыре сезона года. В работе использованы методы полного гельминтологического вскрытия по К. И. Скрябину, последовательного промывания фекалий с насыщенным раствором аммиачной селитры по Г. А. Котельникову, В. М. Хренову и Бермана-Орлова, а также культивирования личинок в термостате.

Результаты и обсуждение. Смешанные гельминтозы регистрируют у овец во всех природно-климатических поясах Дагестана. Наибольшее видовое разнообразие, высокие показатели экстенсивности инвазии (ЭИ, 15,0–43,3%), интенсивности инвазии (ИИ, 16–3860 экз.) отмечены в равнинном поясе стронгилятами пищеварительного тракта, аноплоцефалятами. Из возбудителей в равнинном, предгорном поясах в смешанных инвазиях доминируют хабертии, буностомы, трихостронгилы, гемонхи, нематодиры; из аноплоцефалят – мониезии. В горном поясе на высоте свыше 2500 м над уровнем моря показатели ЭИ и ИИ существенно ниже – 25–8,3% и ИИ 43–32 экз. Ягнята на первом году жизни заражены в равнинном и предгорном поясах хабертиями, буностомами (*B. trigonocephalum*), трихостронгилами (*T. axei, T. vitrinus*), гемонхами, нематодирами (*N. spathiger*). На втором году жизни овцы, животные старше трех лет, кроме доминирующих видов, инвазированы *T. axei, T. capricola, T. vitrinus, T. colubriformis, O. ostertagi, O. circumcincta, O. occidentalis, O. antipini, O. leptospicularis, C. punctata, C. oncophora, N. filicollis, N. abnormalis* с ЭИ 2,5–8,3% при ИИ 1–11 экз. Из аноплоцефалят зарегистрированы *M. expansa, M. benedeni, T. giardi, A. centripunctata* (ЭИ 2,5–30,0%, ИИ 1–48 экз.). В горном поясе на высоте свыше 2500 м над уровнем моря ягнята заражены *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, H. contortus, N. spathiger* (ЭИ 8,3–11,6%, ИИ 3–32 экз.), *M. expansa* (2,5–5,0%, ИИ 1–29 экз.). Молодняк на втором году жизни и овцы старше трех лет инвазированы в смешанных инвазиях указанными у ягнят видами (ЭИ 3,5–8,3%, ИИ 3–29 экз.).

Ключевые слова: смешанная инвазия, экстенсивность, интенсивность, овцы, ягнята, Дагестан

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Зубаирова М. М., Атаев А. М., Карсаков Н. Т., Ахмедов М. А.* Смешанные стронгилятозы пищеварительного тракта, аноплоцефалятозы овец в разрезе вертикальной поясности Дагестана // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 93–100.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-93-100

© Зубаирова М. М., Атаев А. М., Карсаков Н. Т., Ахмедов М. А., 2022

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

Original article

Mixed gastrointestinal strongylatosis and anoplocephalatosis of sheep in the context of the vertical zonality of Dagestan

Madina M. Zubairova [1], Agay M. Atayev [2], Nadyrsoltan T. Karsakov [3], Muslim A. Akhmedov [4]

[1, 2, 4] Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia

[3] Republican Veterinary Laboratory, Makhachkala, Russia

[1] zubairowa@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-5499-9361

[2] zubairowa@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-4543-7778

[3] dagrvl45@mail.ru https://orcid.org/ 0000-0002-1789-1845

[4] muslimvet@mail.ru https://orcid.org/ 0000-0003-0982-5300

Abstract

The purpose of the research is to study mixed infections of gastrointestinal strongylates and Anoplocephala sp. in sheep in the context of the vertical zonality of Dagestan.

Materials and methods. In 2000-2020, 360 collections of the digestive tract of sheep and 600 fecal samples were studied in the plain, foothill, and mountain belts of Dagestan. The material was analyzed in young animals up to 1 year old, animals from 1 year to 2 years old, and animals over three years old. The study was performed in all four seasons. The work used methods of full helminthological dissection according to K. I. Skrjabin, sequential washing of feces with a saturated ammonium nitrate solution according to G. A. Kotelnikov, V. M. Khrenov and Berman-Orlov, as well as larvae cultivation in a thermostat.

Results and discussion. Mixed helminth infections were recorded in sheep in all natural and climatic zones of Dagestan. The greatest species diversity, high rates of infection prevalence (IP 15.0–43.3%) and infection intensity (II 16–3860 sp.) were observed at gastrointestinal Strongylata and Anoplocephalata infections in the plain belt. Of the pathogens in the plain and foothill belts, mixed infections were dominated by Chabertia, Bunostoma, Trichostrongylidae, Haemonchus, and Nematodirus; and from Anoplocephala – moniezia. The IP and II rates were significantly lower, 25–8.3% and 43–32 sp., respectively, in the mountain belt at an altitude of over 2500 m above the sea level. Lambs in the first year of age were infected with Chabertia, Bunostoma (*B. trigonocephalum*), Trichostrongylidae (*T. axei* and *T. vitrinus*), Haemonchus and Nematodirus (*N. spathiger*) in the plain and foothill belts. In the second year of age, sheep older than three years were infected with *T. axei, T. capricola, T. vitrinus, T. colubriformis, O. ostertagi, O. circumcincta, O. occidentalis, O. antipini, O. leptospicularis, C. punctata, C. oncophora, N. filicollis* and *N. abnormalis* with IP of 2.5–8.3% and II of 1–11 sp., in addition to the dominant species. We recorded *M. expansa, M. benedeni, T. giardia* and *A. centripunctata* (IP 2.5–30.0%, and II 1–48 sp.). In the mountain belt over 2500 m above the sea level, lambs were infected with *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, H. contortus, N. spathiger* (IP 8.3–11.6%, II 3–32 sp.) and *M. expansa* (IP 2.5–5.0%, II 1–29 sp.). Young animals in the second year of age and sheep over three years old had mixed infections with the species as indicated in lambs (IP 3.5–8.3%, II 3–29 sp.).

Keywords: mixed infection, prevalence, intensity, sheep, lambs, Dagestan

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

There is no conflict of interests

For citation: Zubairova M. M., Atayev A. M., Karsakov N. T., Akhmedov M. A. Mixed gastrointestinal strongylatosis and anoplocephalatosis of sheep in the context of the vertical zonality of Dagestan. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal* = *Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(1): 93–100. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-93-100

© Zubairova M. M., Atayev A. M., Karsakov N. T., Akhmedov M. A., 2022

Введение

Стронгилятозы пищеварительного тракта и аноплоцефалятозы (мониезиоз) овец являются наиболее распространенной группой по показателям экстенсивности инвазии (ЭИ) до 100%, интенсивности инвазии (ИИ) 5–3860 экз. в равнинном и предгорном поясах Дагестана. Овцы заражаются возбудителями стронгилятозов пищеварительного тракта в весенне-летнее-осеннее время, когда на пастбищах и около водопоев активны инвазионные личинки; орибатидные клещи инвазированы процеркоидами мониезий [1–9]. Смешанные инвазии, вызванные стронгилятами пищеварительного тракта и мониезиями, регистрируют практически у 80% овец [2–4, 11–13]. Ягнята раннего (декабрь, январь) окота во второй половине апреля заражаются инвазионными личинками гемонхусов, буностом, хабертий, трихостронгилюсов, процеркоидами мониезий через орибатидных клещей. Ягнята позднего мартовского окота в равнинном, предгорном поясах заражаются стронгилятами пищеварительного тракта, мониезиями во второй половине мая. В последующем овцы всех возрастных групп заражаются этими гельминтами до конца первой декады ноября. В конце лета и в начале осени в кишечнике формируется конгломерат смешанных инвазий стронгилят и аноплоцефалят, в основном, мониезий. Большинство видов стронгилят пищеварительного тракта и мониезии элиминируют из кишечника через 5-6 месяцев, исключение составляют буностомы, гемонхусы, которые паразитируют до 8 мес. [2–4].

Смешанные инвазии установлены у овец в равнинном и предгорном поясах. В смешанных инвазиях овец биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта варьирует в пределах 27–32 видов, аноплоцефалят – до четырех видов, соответственно в горном поясе 6–8 и 1 таксон. В смешанных инвазиях стронгилят пищеварительного тракта аноплоцефалят отмечаются *H. contortus, Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, N. filicollis, N. spathiger, M. expansa, M. benedeni*, весной буностомы, гемонхусы. Летом и осенью в равнинном, предгорном поясах в смешанных инвазиях стронгилят пищеварительного тракта и аноплоцефалят отмечены от 27 до 32 видов. Это биоразнообразие хабертий – 1 вид, буностом – 2, эзофагостом – 3, трихостронгил – 5, остертагий – 6, марамастронгил – 1, маршаллагий – 2, кооперий – 2, нематодирусов – 7, гемонхусов – 1, мониезий – 1, тизаниезий – 1, авителлин – 1. В горном поясе смешанные инвазии представлены *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, T. capricola, H. contortus, N. helvetianus, N. oiratianus, N. spathiger*.

Цель наших исследований – изучить смешанные инвазии стронгилятозов пищеварительного тракта и аноплоцефалятозы овец в разрезе вертикальной поясности Дагестана.

Материалы и методы

В работе проанализированы результаты многолетних собственных исследований (2000–2020 гг.) по гельминтозам овец в равнинном, предгорном, горном поясах Дагестана. Исследованию подвергнуто 360 комплектов пищеварительного тракта и 600 проб фекалий трех возрастных групп овец – молодняка до года, от одного года до двух лет, трех лет и старше. Материал исследовали во все сезоны года.

Сычуг и каждый отдел кишечника отделяли и исследовали в больших кюветах и тазах. Хабертий, буностом, гемохусов дифференцировали по ходу их сбора в осадках смывов и консервировали в растворе Барбагалло в пробирках Уленгута или Флоринского. Остальных стронгилят фиксировали также в растворе Барбагалло, аноплоцефалят – в 70%-ном спирте.

В работе использованы методы полного гельминтологического вскрытия по К. И. Скрябину, последовательного промывания фекалий, флотации с насыщенным раствором аммиачной селитры по Г. А. Котельникову, В. М. Хренову [10] и Бермана-Орлова. Часть материала исследовали после культивирования личинок стронгилят пищеварительного тракта в термостате. Дифференциацию личинок стронгилят пищеварительного тракта проводили по Е. Е. Шумаковичу [14] по числу, форме, расположению кишечных клеток.

Результаты и обсуждение

Нами установлено, что овцы заражены в равнинном и предгорном поясах 31 видом стронгилят пищеварительного тракта, в том числе из родов Chabertia – 1, Bunostomum – 2, Oesophagostomum – 3, Trichostrongylus

– 5, Ostertagia – 6, Maramastrongylus – 1, Marschallagia – 2, Haemonchus – 1, Cooperia – 3, Nematodirus – 7 видами при ЭИ 1,6–43,3% и ИИ 1–3860 экз. В горном поясе на высоте 2500 м над уровнем моря и выше биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта представлено *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. oiratianus, N. spathiger* при ЭИ 6,6–8,3% и ИИ 4–28 экз.

В равнинном и предгорном поясах овцы инвазированы *M. expansa* на 15,0–31,5% при ИИ 2–48 экз., в горах на высоте 2500 м над уровнем моря – на 2,5–5,0% при ИИ 2–4 экз.

Овцы заражены *T. giardi* в равнинном и предгорном поясах на 2,5% при ИИ 2–3 экз., *A. centripunctata* – на 3,3–2,5% при ИИ 1–2 экз. В горах на высоте 2500 м над уровнем моря и выше *T. giardia* и *A. centripunctata* у овец не обнаружены.

Доминирующими видами стронгилят пищеварительного тракта во все годы исследований в равнинном и предгорном поясах были *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. oiratianus, N. spathiger* (ЭИ 15,0–43,3%, ИИ 6–3860 экз.). Эти же 9 видов обнаружены у овец в горном поясе, но с низкими показателями (ЭИ 6,6–8,3%, ИИ 4–28 экз.). Остальные виды стронгилят пищеварительного тракта распространены ограниченно и являются фоновыми.

В равнинном и предгорном поясах Дагестана у овец в кишечнике могут одновременно паразитировать от 4 до 13 видов стронгилят с разными показателями зараженности (15,0–43,3%, ИИ 6–3860 экз.), *M. expansa, M. benedeni, ограниченно T. giardi* и *A. centripunctata*.

Из стронгилят регистрируют *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, O. ostertagi, N. filicollis, N. helvetianus, N. oiratianus, N. spathiger, M. expansa, M. benedeni*.

В горном поясе одновременно в кишечнике могут локализоваться от 3 до 6 видов стронгилят: *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. vitrinus, H. contortus, N. spathiger и редко M. expansa, M. benedeni*.

M. expansa со стронгилятами пищеварительного тракта встречаются у овец в равнинном и предгорном поясах с ЭИ 30,0–31,6% при ИИ 3–48 экз., в горах на высоте 2500 м над уровнем моря и выше – с ЭИ 2,5–5,0% и ИИ 2–5 экз.

M. benedeni со стронгилятами пищеварительного тракта обнаружены в равнинном и предгорном поясах с ЭИ 8,3–15,0% при ИИ 2–9 экз., в горах на высоте 2500 м над уровнем моря – 2,5% и 1–4 экз.

T. giardi и *A. centripunctata* зарегистрированы только в равнинном поясе (ЭИ 2,5%, ИИ 2–3 экз.).

Видовой состав возбудителей стронгилятозов пищеварительного тракта и аноплоцефалятозов у овец в разрезе высотной поясности Дагестана, показатели их зараженности приведены в таблице. Из таблицы следует, что в равнинном поясе основными возбудителями стронгилятозов пищеварительного тракта у овец являются 12 видов из зарегистрированных 31. Это *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. oiratianus, N. spathiger*. ЭИ варьирует в пределах 15,0–43,3% при ИИ 9–3860 экз. В предгорном поясе также доминируют эти 12 видов, но с низкими показателями: ЭИ 11,6–29,0% при ИИ 4–169 экз. В горном поясе овцы заражены 9 видами стронгилят пищеварительного тракта с низкими показателями зараженности: ЭИ 6,6–11,6%, ИИ 3–32 экз.

В равнинном поясе Дагестана овцы заражены *M. expansa* до 31,6%, при ИИ 3–48 экз., в предгорном – до 30,0% и 4–29 экз., в горном – 5,0% и 1–4 экз.; *M. benedeni* – до 15,0% при ИИ 2–9 экз., 8,3% и 3–5 экз., 2,5% и 2–3 экз. соответственно. Овцы инвазированы в равнинном поясе *T. giardi* и *A. centripunctata* с ЭИ до 2,5%, при ИИ 1–3 экз.

В равнинном и предгорном поясах Дагестана преобладали смешанные инвазии стронгилят пищеварительного тракта и аноплоцефалят с участием от 4 до 13 видов возбудителей.

Заключение

Смешанные инвазии стронгилят пищеварительного тракта и аноплоцефалят у овец являются основной формой их паразитирования во всех природно-климатических поясах Дагестана.

В равнинном поясе в смешанных инвазиях стронгилят пищеварительного тракта принимает участие 31 возбудитель, из аноплоцефа-

Таблица [Table]

Зараженность овец стронгилятами пищеварительного тракта и аноплоцефалятами в разных высотных зонах Дагестана
[Infection of sheep with gastro-intestinal strongylatosis and anoplocephalatosis in different high-altitude zones of Dagestan]

№ п/п		Равнина [Plain]			Предгорье [Foothills]			Горы [Mountains]		
		Исследовано [Researched]			Исследовано [Researched]			Исследовано [Researched]		
		Заражено [Infected]		ИИ, экз./ гол. [II, sp.]	Заражено [Infected]		ИИ, экз./ гол. [II, sp.]	Заражено [Infected]		ИИ, экз./ гол. [II, sp.]
		овец [sheep]	%		овец [sheep]	%		овец [sheep]	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	*Chabertia ovina* (Fabricius, 1788)	39	3,2	7-48	32	26,6	5-22	12	10,0	4-7
2.	*Bunostomum trigonocephalum* (Rud., 1808)	52	43,3	19-76	21	17,5	3-16	14	11,6	3-5
3.	*B. phlebotomum* (Railliet, 1900)	8	6,6	5-7	4	3,3	2-3	-	-	-
4.	*Oesophagostomum radiatum* (Rud., 1803)	6	5,0	1-3	3	2,5	1-4	-	-	-
5.	*Oe. venulosum* (Rud., 1809)	5	4,1	1-2	-	-	-	-	-	-
6.	*Oe. columbianum* (Curtice, 1890)	4	3,3	1-3	-	-	-	-	-	-
7.	*Trichostrongylus axei* (Cobbold, 1879)	36	30,0	12-39	32	26,6	8-31	12	10,0	3-6
8.	*T. capricola* Ransom, 1907	29	24,1	14-26	26	21,6	9-29	-	6,6	4-7
9.	*T. colubriformis* (Giles, 1829)	26	21,6	16-29	16	13,3	7-31	-	-	-
10.	*T. skrjabini* Kalantarjan, 1928	18	15,0	19-17	14	11,6	4-16	-	-	-
11.	*T. vitrinus* Looss, 1905	40	33,3	16-52	20	16,6	8-19	-	-	-
12.	*Ostertagia ostertagi* (Stiles, 1892)	10	8,3	5-8	5	4,1	3-9	-	-	-
13.	*O. circumcincta* (Stadelman, 1894)	7	5,8	3-5	4	3,3	2-4	-	-	-
14.	*O. occidentalis* Ransom, 1907	6	5,0	2-4	4	3,3	3-5	-	-	-
15.	*O. leptospicularis* Assadov, 1953	4	3,3	1-3	-	-	-	-	-	-
16.	*O. antipini* Matschulsky, 1950	3	2,5	1-2	-	-	-	-	-	-
17.	*O. trifurcata* Ransom, 1907	4	3,3	1-4	-	-	-	-	-	-
18.	*Maramostrongylus daghestanica* Altaev, 1952	3	2,5	2-4	-	-	-	-	-	-
19.	*Marshallagia marshalli* (Ransom, 1907)	5	4,1	3-5	3	2,5	2-6	-	-	-
20.	*M. schikhobalovi* Altaev, 1952	4	3,3	2-6	-	-	-	-	-	-
21.	*Haemonchus contortus* (Rud., 1803)	52	43,3	68-3860	28	23,3	19-169	14	11,6	21-32
22.	*Nematodirus filicollis* (Rud., 1802)	32	26,6	19-193	24	20,0	11-96	8	6,6	9-13

Окончание таблицы [End of table]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23.	*N. helvetianus* May, 1920	36	30,0	18-216	28	23,3	16-112	10	8,3	12-24
24.	*N. oiratianus* Rajevskaja, 1929	38	31,6	29-274	30	25,0	17-126	10	8,3	5-7
25.	*N. abnormalis* May, 1920	6	5,0	4-6	5	4,1	2-4	-	-	-
26.	*N. spathiger* (Railliet, 1896)	42	35,0	18-198	30	29,0	14-143	10	8,3	12-36
27.	*N. dogeli* Sokolova, 1948	3	2,5	2-4	-	-	-	-	-	-
28.	*N. andreevi* Popova, 1952	3	2,5	3-5	-	-	-	-	-	-
29.	*Cooperia oncophora* (Railliet, 1898)	10	8,3	5-11	5	4,1	3-4	-	-	-
30.	*C. punctata* (Linstow, 1906)	8	6,6	3-5	3	2,5	1-2	-	-	-
31.	*C. zurnabada* Antipin, 1931	6	5,0	2-4	-	-	-	-	-	-
32.	*Moniezia expansa* (Rud., 1810)	38	31,6	3-48	36	30,0	4-29	6	5,0	1-4
33.	*M. benedeni* (Moniez, 1879)	18	15,0	2-9	10	8,3	3-5	3	2,5	2-3
34.	*Thysaniezia giardi* (Moniez, 1879)	3	2,5	2-3	-	-	-	-	-	-
35.	*Avitellina centripunctata* (Rivolta, 1874)	3	2,5	1-2	-	-	-	-	-	-

лят 4 вида: *M. expansa, M. benedeni, T. giardi, A. centripunctata*, соответственно, в предгорном и горном – 23 и 11 таксонов. Из стронгилят основными являются *Ch. ovina, B. trigonocephalum, T. axei, T. capricola, T. colubriformis, T. skrjabini, T. vitrinus, H. contortus, N. filicollis, N. helvetianus, N. oiratianus, N. spathiger*, а из аноплоцефалят – *M. expansa*. Число видов, участвующих в смешанных инвазиях, варьирует от 4 до 13. Зараженность стронгилят пищеварительного тракта колеблется в пределах 2,5–43,3% при ИИ 1–3860 экз., соответственно, аноплоцефалят 2,5–31,6% при 1–48 экз. Наибольшее разнообразие видов стронгилят пищеварительного тракта и аноплоцефалят в смешанных инвазиях установлено у овец в равнинном и предгорном поясах Дагестана.

Список источников

1. *Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Газимагомедов М.Г., Кочкарев А. Б.* Влияние экологических факторов на биоразнообразие и популяционную структуру гельминтов домашних жвачных животных на юго-востоке Северного Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 2. С. 84-94.
2. *Атаев А. М., Зубаирова М. М., Джамбулатов З. М., Карсаков Н. Т.* Болезни овец. М.: Колос, 2022. 243 с.
3. *Атаев А.М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Джамбулатов З. М.* Паразитарные болезни животных. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 304 с.
4. *Белова Е. Е., Садов К. М.* Методические положения по профилактике и терапии аноплоцефалятозов крупного и мелкого рогатого скота в условиях среднего Поволжья // Российский паразитологический журнал. 2012. № 2. С. 121-126.
5. *Говорка Я., Маклакова Л. П., Митах Я., Пельгунов А. Н., Рыковский А. С. Семенова М. К., Сонин М. Д., Эрхардова-Котрла Б., Юрашек В.* Гельминты копытных Восточной Европы. М.: Наука, 1988. 207 с.
6. *Зубаирова М. М., Атаев А. М., Карсаков Н. Т., Хасаев А. Н.* Преимагинальные дегельминтизации ягнят при аноплоцефалятозах, стронгилятозах пищеварительного тракта // «Современные тенденции и успехи в борьбе с зооантропонозами сельскохозяйственных животных и птиц»: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2020. С. 232-235.
7. *Зубаирова М. М., Атаев А. М., Карсаков Н. Т., Джамбулатов З. М., Атаева С. Т.* Смешанные гельмин-тозы кишечника овец в Дагестане //

Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 3. С. 18–22.

8. *Карсаков Н. Т., Атаев А. М., Зубаирова М. М.* Аноплоцефалятозы овец Терско-Сулакской низменности Дагестана и встречаемость смешанных инвазий // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научно-практической конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН. 2018. № 19. С. 206-208.
9. *Колесников В. И.* Эпизоотический процесс при стронгилятозах овец, меры борьбы и профилактика. Монография. Ставрополь, 1995. 64 с.
10. *Котельников Г. А., Хренов В. М.* Методические рекомендации по диагностике наиболее распространенных гельминтозов сельскохозяйственных животных. М., 1980. 34 с.
11. *Махиева Б. М., Магомедшапиев Г. М., Зубаирова М. М., Абдулмагомедов С. Ш.* Обсемененность пастбищ яйцами, личинками аноплоцефалятозов, буностом, эзофагостом в равнинном поясе Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 232-236.
12. *Попов М. А.* Ассоциации стронгилят овец и коз, вызываемые ими заболевания в специализированных хозяйствах Северного Кавказа и Нижнего Поволжья, меры борьбы: автореф. дис. … д-ра вет. наук. М.,1988. 32 с.
13. *Пустовой И. Ф.* Стронгилятозы пищеварительного тракта овец в Таджикской АССР: автореф. дис. … д-ра вет. наук. М., 1970. 39 с.
14. *Шумакович Е. Е.* Гельминтозы жвачных животных. М.: Колос, 1968. С. 98-125.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022; принята к публикации 25.01.2022

Об авторах:

Зубаирова Мадина Магомедовна, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180), Махачкала, Россия, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-4543-7778, zubairowa@mail.ru

Атаев Агай Мухтарович, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180), Махачкала, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-5499-9361, zubairowa@mail.ru

Карсаков Надырсолтан Тавсултанович, Республиканская ветеринарная лаборатория, г. Махачкала, Россия (367020, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 88), Махачкала, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0002-1789-1845, dagrvl45@mail.ru

Муслим Аббасович Ахмедов, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180), Махачкала, Россия, ORCID ID: 0000-0003-0982-5300, muslimvet@mail.ru

Вклад соавторов:

Зубаирова Мадина Магомедовна – сбор материала, обработка данных, литературное оформление статьи.

Атаев Агай Мухтарович – дифференциация видов, изучение научной литературы, оформление статьи.

Карсаков Надырсолтан Тавсултанович – систематизация материала, оформление статьи.

Ахмедов Муслим Аббасович – сбор научного материала, дифференциация видов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Gazimagomedov M. G., Kochkarev A. B. Influence of environmental factors on biodiversity and population structure of helminths in domestic ruminants in the southeast of the North Caucasus. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye = South of Russia: ecology, and development.* 2016; 11 (2): 84-94. (In Russ.)
2. Atayev A. M., Zubairova M. M., Dzhambulatov Z. M., Karsakov N. T., Diseases of sheep. Moscow, Kolos, 2022; 243. (In Russ.)
3. Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Dzhambulatov Z. M. Parasitic diseases of animals. St. Petersburg, Lan', 2022; 304. (In Russ.)
4. Belova E. E., Sadov K. M. Methodological provisions for the prevention and treatment of anoplocephalyatosis in cattle and small cattle in the Middle Volga. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2012; 2: 121-126. (In Russ.)
5. Govorka Ya., Maklakova L. P., Mitakh Ya., Pelgunov A. N., Rykovsky A. S. Semenova M. K., Sonin M. D., Erhardova-Kotrla B., Yurashek V.

Helminths of ungulates from Eastern Europe. Moscow, Nauka, 1988; 207. (In Russ.)

6. Zubairova M. M., Atayev A. M., Karsakov N. T., Khasayev A. N. Preimaginal dehelminthizations of lambs against anoplocephalyatosis and gastrointestinal strongylatosis. *«Sovremennyye tendentsii i uspekhi v bor'be s zooantroponozami sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits»: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = "Modern trends and success in the control of zooanthroponoses of live-stock animals and poultry": collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference*. Makhachkala, 2020; 232-235. (In Russ.)

7. Zubairova M. M., Ataev A. M., Karsakov N. T., Dzhambulatov Z. M., Ataeva S. T. Mixed Helminthosis in Sheep Intestines in Dagestan. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology.* 2020; 14 (3): 18–22. (In Russ.)

8. Karsakov N. T., Atayev A. M., Zubairova M. M. Anoplocephala infections in sheep in the Tersko-Sulak lowland of Dagestan and the occurrence of mixed infections. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN = "Theory and practice of parasitic disease control": materials of reports of the Scientific and Practical Conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the RAS*. 2018; 19: 206-208. (In Russ.)

9. Kolesnikov V. I. Epizootic process in strongylatoses of sheep, control measures and prevention: monograph. Stavropol, 1995; 64. (In Russ.)

10. Kotelnikov G. A., Khrenov V. M. Guidelines for diagnosis of the most common helminth infections of live-stock animals. Moscow, 1980; 34. (In Russ.)

11. Makhieva B. M., Magomedshapiev G. M., Zubairova M. M., Abdulmagomedov S. Sh. Contamination of pastures with eggs and larvae of Anoplocephala, Bunostoma and Esophagostoma in the plain belt of Dagestan. *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of development of the regional agro-industrial complex*. 2019; 2 (38): 232-236. (In Russ.)

12. Popov M. A. Associations of strongylates in sheep and goats, diseases caused by them on specialized farms in the North Caucasus and the Lower Volga Region, control measures: autoref. dis. … Dr. Sc. Vet. M., 1988; 32. (In Russ.)

13. Pustovoi I. F. Gastrointestinal strongylatoses of sheep in the Tajik ASSR: autoref. dis. … Dr. Sc. Vet. M., 1970; 39. (In Russ.)

14. Shumakovich E. E. Helminthoses of ruminants. Moscow, Kolos, 1968; 98-125. (In Russ.)

The article was submitted 12.01.2022; accepted for publication 25.01.2022

About the authors:

Madina M. Zubairova, Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov (180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032), Makhachkala, Russia, Doctor of Biological Science, ORCID ID: 0000-0003-4543-7778, zubairowa@mail.ru

Agay M. Atayev, Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov (180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032), Makhachkala, Russia, Doctor of Veterinary Science, Professor, ORCID ID: 0000-0002-5499-9361, zubairowa@mail.ru

Nadyrsoltan T. Karsakov, Republican Veterinary Laboratory (88, Dakhadaeva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367020), Makhachkala, Russia, Doctor of Veterinary Science, ORCID ID: 0000-0002-1789-1845, dagrvl45@mail.ru

Muslim A. Akhmedov, Dagestan State Agricultural University named after M. M. Dzhambulatov (180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032), Makhachkala, Russia, ORCID ID: 0000-0003-0982-5300, muslimvet@mail.ru

Contribution of co-authors:

Zubairova Madina M. – material collection, data processing, literature design of the article.

Atayev Agay M. – species differentiation, study of scientific literature, article design.

Karsakov Nadyrsoltan T. – systematization of material, article design.

Akhmedov Muslim A. – scientific material collection, species differentiation.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.132

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-101-111

Нематоды рода Dirofilaria Railliet et Henry, 1911 – паразиты хищных млекопитающих Узбекистана: особенности распространения и экологии

Алишер Абдукахорович Сафаров [1], Фируза Джалалиддиновна Акрамова [2], Джалалиддин Азимович Азимов [3]

[1] Государственный комитет ветеринарии и развития животноводства Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

[2, 3] Институт Зоологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

[1] asafarov-alisher@mail.ru, https://doi.org/0000-0002-7073-9367

[2] zoology@academy.uz

[3] zoology@academy.uz

Аннотация

Цель исследований: изучение некоторых вопросов фауны, особенностей распространения и экологии нематод рода Dirofilaria в биогеоценозах Узбекистана.

Материалы и методы. Сборы нематод рода Dirofilaria (*D. immitis* и *D. repens*) проводили от домашних и диких представителей хищных млекопитающих в пределах Узбекистана. Исследования выполнены в течение 2015–2021 гг. Методом полных гельминтологических вскрытий исследовано 559 особей хищных млекопитающих. Сбор и фиксацию обнаруженных паразитов осуществляли по общепринятым методам. Изучение морфологии и определение гельминтов и эктопаразитов проводили на временных и постоянных препаратах с использованием современных микроскопов. Видовая идентификация паразитов выполнена в соответствии с определителями и описаниями, приведенными в работах отечественных и зарубежных исследователей. Для выявления промежуточных хозяев дирофилярий (*D. immitis*) проводили отлов и исследование комаров (Culicidae) на собаках и вокруг них. Всего исследовано 4064 экз. комаров весной, летом и осенью по общепринятой методике. Определяли экстенсивность и интенсивность инвазии плотоядных гельминтами. Для изучения нуклеотидных последовательностей дирофилярий использовали зрелых нематод *D. immitis* и *D. repens*, полученных от вскрытых животных. Живые нематоды промывали в физиологическом растворе (0,9% NaCl) и фиксировали 70%-ным этанолом. Проводили выделение геномной ДНК, ПЦР-амплификации, электрофорез и анализ проб.

Результаты и обсуждение. Всего у представителей хищных плотоядных Узбекистана обнаружено два вида дирофилярий: *D. immitis* (Leidy, 1856) D. repens Railliet et Henry, 1911. Приведены оригинальные данные по особенностям распространении дирофиларий у домашних и диких плотоядных, а также некоторые материалы о промежуточных хозяевах *D. immitis*, в качестве которых зарегистрированы комары *Aedes caspius* и *Culex pipiens*. Определены нуклеотидные последовательности COI митохондриальной ДНК для видовой идентификации зрелых нематод *D. immitis* (MN 650648.1.), и *D. repens* (MZ 081850.1) депонирована GenBank.

Ключевые слова: *Dirofilaria immitis, Dirofilaria repens*, распространение, экология, комары, хищные млекопитающие, Узбекистан

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Сафаров А. А., Акрамова Ф. Д., Азимов Д. А.* Нематоды рода Dirofilaria Railliet et Henry, 1911 – паразиты хищных млекопитающих Узбекистана: особенности распространения и экологии // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 101–111.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-101-111

© Сафаров А. А., Акрамова Ф. Д., Азимов Д. А., 2022

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

Original article

Nematodes of the genus Dirofilaria Railliet et Henry, 1911, parasites of carnivorous mammals in Uzbekistan: spread and ecology

Alisher A. Safarov [1], Firuza D. Akramova [2], Dzhalaliddin A. Azimov [3]

[1] State Committee for Veterinary Medicine and Livestock Development of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

[2, 3] Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

[1] safarov-alisher@mail.ru, https://doi.org/0000-0002-7073-9367

[2] zoology@academy.uz

[3] zoology@academy.uz

Abstract

The purpose of the research is study of some issues of fauna, spread and ecology of nematodes of the genus Dirofilaria in biogeocenoses of Uzbekistan.

Materials and methods. Nematodes of the genus Dirofilaria (*D. immitis* and *D. repens*) were collected from domestic and wild carnivorous mammals within Uzbekistan. The studies were carried out during 2015–2021. 559 individuals of carnivorous mammals were studied by the method of complete helminthological dissection. The found parasites were collected and fixed according to generally accepted methods. The helminths and ectoparasites were identified and their morphology was studied by temporary and permanent specimens using modern microscopes. The parasite species was identified in accordance with the keys and descriptions given in the papers by domestic and foreign researchers. To identify intermediate hosts of Dirofilaria (*D. immitis*), mosquitoes (Culicidae) were caught and examined on and around dogs. A total of 4064 specimens of mosquitoes were studies in spring, summer and autumn using the generally accepted method. We determined the prevalence and intensity of helminth infection in carnivorous. To study the nucleotide sequences in Dirofilaria, we used mature nematodes *D. immitis* and *D. repens* collected from dissected animals. Live nematodes were washed in saline (0.9% NaCl) and fixed in 70% ethanol. We conducted the isolation of genomic DNA, PCR amplification, electrophoresis and sample analysis.

Results and discussion. In total, two species of Dirofilaria were found in representatives of carnivores in Uzbekistan, namely, *D. immitis* (Leidy, 1856) and *D. repens* Railliet et Henry, 1911. Original data on the spread of Dirofilaria in domestic and wild carnivores, as well as some materials on D. immitis intermediate hosts recorded from mosquitoes Aedes caspius and Culex pipiens were presented. The mtDNA-COI nucleotide sequences were determined to identify species of mature nematodes *D. immitis* (MN 650648.1), and *D. repens* (MZ 081850.1) was deposited by GenBank.

Keywords: *Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens*, spread, ecology, mosquitoes, carnivorous mammals, Uzbekistan

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

There is no conflict of interests

For citation: Safarov A. A., Akramova F. D., Azimov D. A. Nematodes of the genus Dirofilaria Railliet et Henry, 1911, parasites of carnivorous mammals in Uzbekistan: spread and ecology. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(1): 101–111. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-101-111

© Safarov A. A., Akramova F. D., Azimov D. A., 2022

Введение

Животный мир Узбекистана весьма разнообразен. Это связано с географическим положением республики и многообразием рельефа и природных условий. Разнообразие фауны определяется наличием на ее огромной территории большого числа резко различающихся по своим экологическим особенностям мест обитания этих животных.

Территория Узбекистана охватывает, как известно, три ландшафтные зоны – равнины, предгорья и горы. Каждая из этих зон имеет

характерную фауну позвоночных, в том числе и хищных млекопитающих.

Дикие и домашние млекопитающие отряда Carnivora в современном Узбекистане представлены 34 видами и подвидами [22] из следующих семейств: Canidae (7 видов), Ursidae (2), Mustelidae (11), Hyenidae (1) и Felidae (13), которые также подвержены риску заражения гельминтами, в том числе и дирофиляриями.

Специальные исследования по дирофиляриям животных в Узбекистане до последнего времени (2015 г.) не проводились. Имеющиеся данные о зараженности отдельных видов хищных млекопитающих нематодами рода Dirofilaria носят общефаунистический характер. Эти исследования были начаты в 25–30 годах XIX в.

При исследовании гельминтофауны отдельных видов и групп диких и домашних плотоядных, обитающих на природных и урбанизированных территориях Узбекистана зарегистрировано два вида дирофилярий: *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) и *Dirofilaria repens* Railliet et Henry, 1911 [4, 8–10, 12–16, 20, 21]. По данным указанных авторов *D. immitis* и *D. repens* отмечены у домашней собаки (*Canis lupus* fam.), шакала (*Canis aureus aureus* L.), камышового кота (*Felis chaus* Gielden.), обитающих в биогеоценозах Центрального Узбекистана (Самаркандская, Бухарская, Навоийская области), Восточного Узбекистана (Андижанская, Наманганская, Ферганская области), Северо-западного (Республики Каракалпакстан и Хорезмская область) и Северо-восточного Узбекистана (Ташкентская, Сырдарьинская и Джизакская области). Отмеченные виды дирофилярий от собаки, шакала, камышового кота четко дифференцируются по морфо-экологическим признакам, что соответствуют данным мировой литературы [5, 11, 18, 19, 23, 24].

Анализ проведенных исследований диких и домашних хищников показывает, что за истекший период (1926–1986 гг.) исследовано большое число домашних собак сельских и городских территорий Узбекистана, которые оказались зараженными дирофиляриями обеих видов. По обобщенным данным [14, 20], экстенсивность инвазии дирофиляриями у исследованных собак значительно колебалась. Так, зараженность собак *D. immitis* составила 0,66–2,9% при интенсивности инвазии 1–50 экз. Инвазированность собак *D. repens* колебалась от 1,4 до 20,0% при интенсивности заражения 1–8 экз.

Сведения по дирофиляриям (*D. immitis* и *D. repens*) у собак и некоторых видов диких хищников существенно обновлены и дополнены исследованиями последних лет [2, 3, 25, 17]. К настоящему времени в качестве дефинитивных хозяев *D. immitis* и *D. repens* в Узбекистане зарегистрированы домашние и дикие виды хищников: собака домашняя, шакал, волк, лисица, барсук, камышовой кот. Исходя из важности группы нематод рода Dirofilaria в патологии млекопитающих, включая и человека, вполне актуально также детальное изучение распространения в связи с особенностями современного экологического фона в пределах Узбекистана.

Целью наших исследований стало изучение некоторых вопросов фауны, особенностей распространения и экологии нематод рода Dirofilaria в биогеоценозах Узбекистана.

Материалы и методы

Сборы *D. immitis* и *D. repens* проводили от домашних и диких хищных млекопитающих в пределах Узбекистана в 2015–2021 гг. (рис. 1, табл. 1).

Методом полных гельминтологических вскрытий исследовано 559 особей хищных млекопитающих. Сбор и фиксацию обнаруженных паразитов проводили по общепринятым методам. Изучение морфологии и определение гельминтов и эктопаразитов осуществляли на временных и постоянных препаратах с использованием современных микроскопов ЛОМО, МБС10 и др. Видовую идентификацию паразитов выполняли в соответствии с определителями и описаниями, приведенными в работах отечественных и зарубежных исследователей [11, 19, 23].

Для выявления промежуточных хозяев дирофилярий (*D. immitis*) проводили отлов и исследования комаров (Culicidae) на собаках и вокруг них. Всего исследовано 4064 экз. комаров весной, летом и осенью по общепринятой методике [1].

При оценке степени зараженности плотоядных гельминтами исползовались стандартные паразитологические показатели: экстенсивность и интенсивность инвазии.

Для изучения нуклеотидных последовательностей дирофилярий использовали зре-

Рис. 1. Карта Узбекистана: места сбора материала
[Fig. 1. Map of Uzbekistan: collection sites]

Таблица 1 [Table 1]

Число исследованных животных
[Number of examined animals]

Вид [Specie]	Исследовано, экз. [Investigated, sp.]
Животные [Animals]	**559**
Собака (*Canis lupus fam.*)	290
Шакал (*Canis aureus aureus*)	102
Волк (*Canis lupus*)	44
Лисица (*Vulpes vulpes*)	65
Барсук (*Meles meles*)	16
Камышовый кот (*Felis chaus*)	42
Комары [Mosquitoes]	**4064**
Anopheles maculipennis	1010
Aedes caspius	1018
Culex modestus	1002
Culex pipiens	1034

лых нематод *D. immitis* и *D. repens*, полученных от вскрытых животных. Живых нематод промывали в физиологическом растворе (0,9% NaCl) и фиксировали 70%-ным этанолом. Проводили выделение геномной ДНК, ПЦР-амплификации, электрофорез и анализ проб.

Результаты и обсуждение

Установлено, что род Dirofilaria в биогеоценозах Узбекистана представлен двумя видами: *D. immitis* и *D. repens*, которые зарегистрированы у диких и домашних плотоядных животных. Ранее, эти виды дирофилярий в Узбекистане были зарегистрированы у домашней собаки, шакала и камышового кота [14, 19–21]. Нами дополнен круг дефинитивных хозяев указанных видов дирофилярий в условиях Узбекистана со следующими видами хищников – *Canis lupus, Vulpes vulpes, Meles meles*. В целом, отмеченные нами два вида дирофилярий довольно широко распространены у домашних и диких плотоядных, которые по морфологическим признакам четко дифференцируются.

Dirofilaria immitis (Leidy, 1856)

Хозяева: собака домашняя, волк, шакал, лисица, кот камышовый, барсук.

Распространение: Узбекистан.

Локализация: правый желудочек сердца, легочная артерия, реже грудная и брюшная полости.

Микрофилярии: в крови.

Описание. Тело светло-желтого цвета, утончающееся к головному и хвостовому концам.

Самец 120–180 мм длины и 1,12–1,29 мм максимальной ширины. Пищевод 1,46 мм длины, слегка расширяющийся сзади. Нервное кольцо на 0,30–0,40 мм от головного конца. Хвостовой конец конический, закругленный. Клоака на 0,136 мм от кончика хвоста. Спикулы желобовидной формы, расширены на проксимальном и заострены – на дистальном концах. Длина большой спикулы 0,216–0,318 мм, малой – 0,188–0,200 мм. Число и расположение половых сосочков не стабильно: обычно 4–5 стебельчатых преклоакальных сосочков расположены с правой стороны тела и 3–4 – с левой. Число постклоакальных сосочков варьирует от 3 до 6 пар.

Самка 250–300 мм длины и 0,75–1,51 мм максимальной ширины. Длина пищевода 1,08–1,60 мм. Анус открывается субтерминально. Хвостовой конец закруглен. Вульва на 1,65–2,76 мм от головного конца. Микрофилярии 0,22–0,29 мм длины и 0,005–0,007 мм ширины.

Биология. Промежуточными хозяевами являются различные виды комаров, в которых развиваются инвазионные личинки.

Нами выяснен круг промежуточных хозяев и их зараженность личинками этой нематоды в условиях мегаполиса Ташкента.

Результаты паразитологических исследований кровососущих двукрылых показывают, что в качестве промежуточных хозяев *D. immitis* нами зарегистрированы комары четырех видов – *Anopheles maculipennis, Aedes caspius, Culex modestus* и *C. pipiens* (табл. 2).

Таблица 2 [Table 2]

Зараженность комаров личинками D. immitis в мегаполисе города Ташкента [Infection of mosquitoes with D. immitis larvae in the megalopolis of Tashkent]

Вид комаров [Mosquito species]	Исследовано, экз. [Investigated, sp.]	Из них инвазировано	
		экз. [sp.]	%
Anopheles maculipennis Mg.	1010	37	3,6
A. superpictus Grassi	920	-	-
Aedes caspius Edw.	1018	49	4,8
Culex modestus Fic.	1002	25	2,4
C. pipiens L.	1034	58	5,6
Culex pusillus Macq.	980	-	-

Нападение комаров на собак происходит в условиях г. Ташкента в теплый период года с апреля по октябрь с максимальной численностью популяции в июле и немного меньше в августе и сентябре. В некоторые годы этот процесс продолжается и до второй половины октября.

Степень зараженности различных видов комаров личинками дирофилярий неравномерна. Максимальная зараженность установлена у *C. pipiens* (5,6%) и *Ae. caspius* (4,8%). Интенсивность инвазии составила соответственно 22–25 и 13–17 экз. личинок. Минимальная инвазированность отмечена у *C. modestus* (2,4%).

В целом, зараженность комаров личинками *D. immitis* в исследованных районах (Бектемирский, Сергелийский, Юнусабадский, Алмазарский) г. Ташкента достаточно высокая (2,4–5,6%), что указывает на наличие благоприятных условий для развития личиночных стадий и в городских биотопах.

В процессе исследования комаров в различные периоды после их отлова на заведомо зараженных собаках и возле них были обнаружены в кишечнике отдельных особей микрофилярии *D. immitis*. Микрофилярии без чехлика. Головной конец закругленный, задний – заострен. Размеры составили 0,168–0,224 мм (в среднем, 0,196 мм) в длину и 0,004–0,006 мм (в среднем, 0,005 мм) в ширину (рис. 2). Аналогичные признаки были отмечены и у микрофилярий из периферической крови собаки, за исключением одного показателя. Длина тела колебалась в пределах 0,166–0,225 мм и, в среднем, составила 0,195 мм, что не имеет дифференциального значения. Обнаруженные микрофилярии дифференцированы как *D. immitis*. У большинства комаров регистрировали развивающиеся личинки в мальпигиевых сосудах, где отмечены и инвазионные личинки 3-й стадии, которые, мигрируя, достигают области головы комара. По нашим наблюдениям, развитие *D. immitis* в комарах C. pipiens в лабораторных условиях (при температуре 28–30 °C и относительной влажности 70–80%) происходит до инвазионной стадии в течение 10–13 сут.

Инвазионные личинки *D. immitis* развиваются в организме комаров – промежуточных хозяев и концентрируются в голове насекомых и при укусе собак личинки инокулируются в кровеносные сосуды окончательного хозяина. На 13-е сутки развития в комарах достигают в длину 1,32–1,84 мм, (в среднем, 1,58 мм) и 0,028–0,048 мм (в среднем, 0038 мм) в ширину. Инвазионные личинки очень подвижны, передний конец тела цилиндрический, хвостовой – короткий, конусовидный. Пищевод достигает 1/3 длины тела личинок. Кишечник хорошо развит. Заметны нервное кольцо и генитальный зачаток.

Таким образом, в условиях мегаполиса г. Ташкента и природных биоценозов Узбекистана циркуляция нематоды *D. immitis* происходит по схеме: дефинитивные хозяева (хищные плотоядные) → промежуточные хозяева (комары *C. pipiens, C. modestus, Ae. caspius, A. maculipennis*) → дефинитивные хозяева.

В настоящее время широко используются молекулярно-генетические методы для иден-

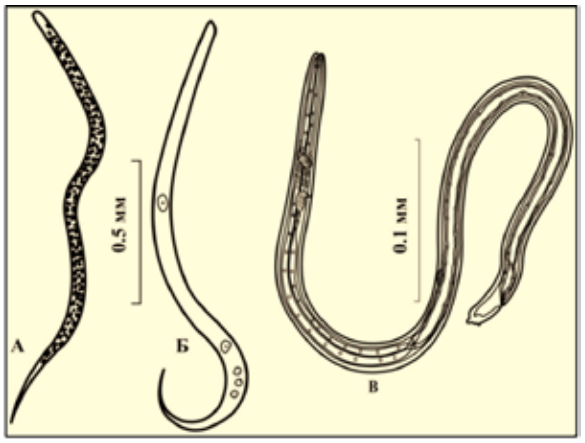

Рис. 2. *D. immitis* (Leidy, 1856):
А – микрофилярия; Б – личинка 1-й стадии;
В – инвазионная личинка (по Norkobilov et al., 2021)

[**Fig. 2.** *D. immitis* (Leidy, 1856):
A - microfilaria; B – 1-st stage larva; B – infective larva
(according to Norkobilov et al., 2021)

тификации видов паразитических червей. Перспективным методом видовой дифференциации дирофилярий оказалось выявление нуклеотидных последовательностей во всех стадиях развития паразита. Анализ генетической информации, имеющейся в международной базе данных GenBank NCBI, показывает, что при довольно интенсивных исследованиях по молекулярной таксономии дирофиларий, степень изученности отдельных локусов ядерной и митохондриальной ДНК существенно разнится между видами (Ionica et al) [1]. Выявление нуклеотидных различий между видами дирофилярий является актуальной задачей теоретической и прикладной паразитологии.

Выделение геномной ДНК. Общая ДНК была выделена из части приблизительно 20 мг взрослого гельминта, используя коммерчески доступный набор (DNEasy Blood and Tissue kit, Qiagen), следующим образом: образец был помещен в микроцентрифужную пробирку объемом 1,5 мл; затем добавлен 180 мкл буфера ATL и 20 мкл Протоназы K. После завихрения образец инкубировали при 56 °C в течение одного часа и после лизиса добавляли 200 мкл буфера Al и перемешивали. Затем добавляли 200 мкл абсолютного этанола и перемешивали, смесь пипетировали в мини-спиновую колонку DNeasy, помещенную в пробирку для сбора 2 мл; центрифугировали при 8000 об/мин в течение 1 минуты. Проточные и коллекторные пробирки пипетировали и спиновую колонку помещали в новую коллекторную пробирку, добавляли 500 мкл буфера AW1 и образец центрифугировали при 8000 об/мин в течение 1 минуты. Спиновую колонку помещали в новую 1,5 мл микроцентрифужную пробирку и пипетировали 200 мкл буферного АЭ непосредственно на мембрану; образец инкубировали при комнатной температуре в течение 1 минуты, а затем центрифугировали при 8000 об/мин в течение 1 минуты для элюирования.

ПЦР-амплификация. Приблизительно 670 bp фрагмент области штрихкодирования гена cox1 был амплифицирован обычной ПЦР с использованием пары универсальных праймеров Spirurida: NTF 5'-TGA TTG GTG GTT TTG GTA A-3' и NTR: 5' - ATA AGT ACG AGT ATC AAT ATC-3'; разработанный Casiraghi et al. (2001). Реакцию проводили в конечном объеме 25 мкл, содержащем 5 мкл экранирующей смеси mastermix (ЗАО Евроген, 16.05.2019), 20 мкм каждого праймера и 3 мкл выделенной ДНК. Для оценки реакции и возможного наличия загрязняющих веществ были включены положительный и отрицательный контроль. Положительный контроль представлял собой ДНК взрослого *D. repens*, в отрицательный контроль ПЦР добавляли воду вместо шаблонной ДНК.

Усиление состояло в следующем: начальная денатурация при 95 °C в течение 5 минут 35 циклов; денатурация при 95 °C в течение 45 с; отжиг при 48 °C в течение 45 с; расширение при 72 °C в течение 45 с; окончательное расширение при 72 °C в течение 5 минут.

Электрофорез. Продукты ПЦР визуализировали электрофорезом в 2%-ном агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, и оценивали их молекулярную массу по сравнению с молекулярным маркером.

Анализ проб. Продукт ПЦР был секвенирован в Центре геномики и биоинформатики Академии Наук Республики Узбекистан.

Полученные хроматограммы загружали в программное обеспечение Geneious 4.8.5 для дальнейшей обработки (редактирования, выравнивания и сборки).

[1] Angela Monica Ionică, Ioana Adriana Matei et al. *Dirofilaria immitis* and *D. repens* show circadian co-periodicity in naturally co-infected dogs. Parasites & Vectors. 2017; 10: 116-121.

Результат

1. *Dirofilaria immitis* voucher ALABAY cytochrome oxidase subunit 1 (cox1) gene, partial cds; mitochondrial 534 bp linear DNA

   GenBank: MN650648.1

2. *Dirofilaria repens* isolate Jackal cytochrome c oxidase subunit I (COX1) gene, partial cds; mitochondrial

   GenBank: MZ081850.1

Консенсусная последовательность была переведена в соответствующую аминокислотную последовательность с использованием специальной таблицы трансляции, в кадре 3, и депонирована в генбанке, имеющем присоединительный номер MN 650648.1.

***Dirofilaria repens* Railliet et Henry, 1911**

Хозяева: собака домашняя, волк, лисица, кот камышовый, барсук.

Распространение: Узбекистан.

Локализация: подкожная клетчатка.

Описание. Самец 48–70 мм длины и 0,37–0,45 мм ширины. Хвостовой конец имеет небольшие латеральные крылья и половые сосочки, число и расположение которых варьирует. Преклоакальных сосочков обычно 5 или 6 с одной стороны и 2 или 4 – с другой. Хвост 0,066–0,080 мм длины. Левая спикула 0,456-0,590 мм длины, правая – 0,185–0,206 мм.

Самка 100–170 мм длины и 0,46–0,65 мм ширины. Вульва расположена на расстоянии 1,16–1,62 мм от головного конца. Микрофилярии в крови достигают 0,207–0,36 мм длины и 0,005–0,008 мм ширины.

Биология. Промежуточными хозяевами являются различные виды комаров из родов Aedes, Culex, Anopheles и др. [11, 18].

При обследовании 290 собак сельских (130) и городских (160) территорий нами идентифицированы виды нематод – *D. immitis* и *D. repens* (табл. 3).

Таблица 3 [Table 3]

Распространение дирофиляриоза у сельских и городских популяций собак в Узбекистане [Distribution of dirofilariosis in rural and urban dog populations in Uzbekistan]

Среда обитания собаки [Habitat dogs]	Исследовано собак [Investigated dogs]	Экстенсивность заражения, % [Extensiveness of infection,%]	
		D. immitis	*D. repens*
г. Ташкент [Tashkent]	160	10,3	3,1
Северо-восточный Узбекистан [North-eastern Uzbekistan]	65	23,2	20,0
Северо-западный Узбекистан [Northwestern Uzbekistan]	65	33,3	21,6

Зараженность исследованных собак дирофиляриями в зависимости от среды обитания значительно колебалась и составила 3,1–33,3%. Наибольшая инвазированность дирофиляриями отмечена у сельской популяции собак – 20,0–33,3% (табл. 3). Первую позицию занимает *D. immitis* (10,3–33,3%). Зараженность собак *D. repens* составила от 3,1 до 21,6%. Интенсивность инвазии *D. immitis* составила 1–17, *D. repens* – 1–11 экз. Наибольшая зараженность отмечена у собак в возрасте 3–5 лет.

Проведена оценка сезонной динамики паразитирования *D. immitis* у собак. Экстенсивность инвазии составила весной 13,1%, летом – 14,2, осенью – 16,9 и зимой – 15,4%, что свидетельствует о незначительных колебаниях зараженности животных дирофиляриями в зависимости от сезона.

Возрастная структура популяций *D. immitis* значительно изменяется и находится в зависимости от сезона года. Так, весной и летом у собак находили только зрелых самцов и самок, осенью и зимой – зрелых и незрелых особей.

Таким образом, источниками инвазии дирофиляриями собак и в исследуемых территориях Узбекистана также служат больные животные. Комары – переносчики, способствуют расселению инвазии в биогеоценозах. Заражению дирофиляриозом подвержены многие виды хищных млекопитающих, главным образом, диких плотоядных. Результаты исследования, проведенные за последние годы в Узбекистане, приведены в таблице 4.

Все исследование виды хищников Северо-западного (Республики Каракалпакистан) Уз-

Таблица 4 [Table 4]

Экстенсивность заражения дирофиляриями диких хищников отряда Carnivora Северо-западного Узбекистана [Extensity of infection with Dirofilaria spp. of wild predators of the order Carnivora of Northwestern Uzbekistan]

Вид [Specie]	Исследовано собак [Investigated dogs]	Экстенсивность заражения, % [Extensity of infection,%]	
		D. immitis	*D. repens*
Canis aureus	102	22,5	9,8
Canis lupus	44	13,6	11,3
Vulpes vulpes	65	15,3	7,6
Meles meles	16	6,2	-
Felis chaus	42	18,8	11,8

бекистана оказались зараженными дирофиляриями двух видов, за исключением барсука, у которого отмечен только D. immitis.

Экстенсивность заражения исследованных животных дирофиляриями довольно высокая (7,6-22,5%). Наиболее высокой процент зараженности отмечен у шакалов (9,8-22,5%).

Показатель распространенности дирофиляриоза у домашних и диких хищников в Узбекистане свидетельствует о напряженности эпизоотической ситуации. Все это требует систематического мониторинга очагов инвазии. Более того, исследуемые нематоды могут паразитировать и у человека [6, 7, 24].

Первый случай дирофиляриоза у человека в Узбекистане отмечен у жительницы Сырдарьинской области (2019 г.) – дирофилярии обнаружены в молочной железе. Больная С., 32 года, поступила в Сырдарьинский областной онкологический диспансер с жалобами на наличие опухоли в левой молочной железе. При поступлении состояние удовлетворительное, при объективном обследований с помощью УЗД (ультразвуковой диагностики) было выявлено в левой молочной железе плотное смещаемое образование размером 8 × 5 мм. Региональные лимфатические узлы не увеличены. Амбулаторно наблюдалась у маммолога, в стационар поступила на оперативное лечение. При первичном ультразвуковом исследовании был выставлен диагноз “паразитарная киста? левой молочной железы”. Больной было назначено оперативное лечение. В стационаре онкологического диспансера Сырдарьинской области (Узбекистан) проведена операция – секторальная резекция молочной железы и извлечен 1 экз. нитевидной нематоды.

При морфологическом исследовании в лаборатории Общей паразитологии Института зоологии Академии наук Республики Узбекистан, обнаруженный экземпляр нематоды идентифицирован как *D. repens* Railliet et Henry, 1911. Этот результат также подтвержден методом ПЦР.

В связи с регистрацией дирофиляриоза у человека и в Узбекистане, наличием инвазированных дирофиляриями (*D. immitis* и *D. repens*) животных домашнего содержания и в природных популяций диких хищников, можно говорить о функционировании сформировавшихся очагов дирофиляриоза на исследуемой территории.

Заключение

Результаты наших исследований показывают, что на территории Узбекистана достаточно широко распространены нематоды *D. immitis* и *D. repens* у домашней собаки и диких плотоядных – шакалов, волков, лисиц, камышовых котов, которые участвуют в функционировании природных и синантропных очагов дирофиляриоза. В качестве переносчиков инвазий зарегистрированы кровососущие комары родов Aedes, Culex и Anopheles, которые также выполняют важную роль в расселении инвазий. Все это предполагает проведение комплексных мероприятий для разрыва эпизоотический (эпидемической) цепи. Важнейшим условием предотвращения распространения дирофиляриоза является выявление источников инвазии (плановое обследование собак в ветеринарных учреждениях) и проведение дегельминтизации зараженных животных.

Список источников

1. *Агринский Н. И.* Насекомые и клещи, вредящие сельскохозяйственным животным. М., 1961. 288 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., Шакарбаев У. А., Шакарбоев Э. Б., Сафаров А. А., Бердибаев А. С.* Новые данные о нематоде *Dirofilaria immitis* – паразита псовых (Carnivora: Canidae) Узбекистана // Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг маърузалари журнали. Ташкент, 2019. № 5. С. 101-106.

4. *Архипов И. А., Березкина С. В., Демидов Н. В.* Дирофиляриоз собак Сур-хандарынской области // Материалы докл. научн. конф. Всес. о-ва гельминтол. М., 1983. С. 104-105.

5. *Архипов И. А., Архипова Д. Р.* Дирофиляриоз. М., 2004. 194 с.

6. *Бронштейн А. М., Супряга В. Г., Ставровский Б. И., Сабгай-да Т. П., Лучшев В. И., Короткова Г. И.* и др. Дирофиляриоз человека в Московском регионе // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2003. № 3. С. 51–60.

7. *Бронштейн А. М.* и др. Дирофиляриоз человека, вызываемый Dirofilaria (nochtiella) repens, – мигрирующий гельминтоз кожи и внутренних органов: новые данные о «старой» болезни, анализ собственных наблюдений и обзор литературы // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2016. 21(3): С. 157-165.

8. *Делянова Р. Ш.* Гельминтофауна собак на территории Узбекистана // Узб. биол. журнал. 1958. № 5. С. 47-57.

9. *Жданова М. Г.* К вопросу о гельминтофауне собак города Самарканда // Труды Узб. с-х. ин-та. 1949. Вып. 7. С. 127-133.

10. *Иргашев И. Х.* К вопросу изучения гельминтофауны домашних и диких плотоядных Самаркандской области // Узб. биол. журнал. 1958. № 5. С. 39-45.

11. *Козлов Д. П.* Определитель гельминтов хищных млекопитающих СССР. М.: Наука, 1977. 276 с.

12. *Матчанов Н. М., Дадаев С. Д., Азимов Д. А.* и др. Гельминты сельскохозяйственных животных. В кн. Экология паразитов животных Северо-востока Узбекистана. Ташкент: Фан, 1986. С. 37-54.

13. *Муминов П. А.* Гельминтофауна диких плотоядных Узбекистана и её роль в эпидемиологии и эпизоотологии. В сб.: Гельминты животных и растений Узбекистана. Ташкент, 1968. С. 36-114.

14. *Муминов П. А.* Гельминты домашних плотоядных Узбекистана и сопредельных республик. В кн.: Экология и биология паразитических червей животных Узбекистана. Ташкент, 1976. С. 20-39.

15. *Муминов П. А., Султанов М. А., Эльбусинова М.* и др. Гельминты домашних плотоядных. В кн.: Экология паразитов животных Северо-востока Узбекистана. Ташкент: Фан, 1986. С. 55-62.

16. *Петров А. М.* К фауне паразитических червей домашних плотоядных Туркестана // Труды ГИЭВ. 1926. Т. 2. Вып. 2. С. 93-95.

17. *Сафаров А. А., Акрамова Ф. Д., Шакарбаев У. А., Азимов Д. А.* Паразитофауна домашней собаки (*Canis familiaris* Dom.) современного мегаполиса Ташкента // Российский паразитологический журнал. 2018. Т. 12. № 4. С. 41–49.

18. *Скрябин К. И., Петров А. М.* Основы ветеринарной нематодологии. М.: Колос, 1964. 221 с.

19. *Сонин М. Д.* Филяриатозы животных и человека и вызванные ими заболевания. М.: Наука, 1975. 396 с.

20. *Султанов М. А., Сарымсаков Ф. С., Муминов П. А.* и др. Гельминты животных Каракалпакской АССР. В кн.: Паразиты животных и человека низовьев Амударьи. Ташкент: Фан, 1969. С. 3-65.

21. *Тарянников В. И.* Паразиты шакала *Canis aureus aureus* L. в среднем течении реки Сырдарьи // Паразитология. 1983. XVII. № 6. С. 478-480.

22. *Шерназаров Э. Ш., Вашетко Э. В., Крейцберг Е. А., Быкова Е. А., Хуршут Э. Э.* Позвоночные животные Узбекистана. Справочник. Ташкент, 2006. 174 с.

23. *Anderson R. C.* Nematoda parasites of Vertebrates their development and transmission. New York: CAB International, 2000; 650.

24. Macpherson Calum N. L., Francois-Xaiver Meslin, Alexander I. Wandeler. Dogs, Zoonozes and Public Health. UK – USA: CABI, 2013; 277.

25. *Norkobilov B., Safarov A. A., Akramova F., Azimov D., Shakarbayev U., Berdibayev A.* The Cycle of Nematode Dirofilaria Immitis (Leidy, 1856) in the Ecological and Epizootological Chains of Canines in the Biocoenoses of Uzbekistan. American Journal of Zoology. 2020; 3 (1): 5-9.

Статья поступила в редакцию 05.06.2021; принята к публикации 15.09.2021

Об авторах:

Сафаров Алишер Абдукахар угли, Государственный комитет ветеринарии и развития животноводства Республики Узбекистан (100123, г. Ташкент, ул. Кичик халка юли, 21а) PhD, ORCID ID: 0000-0002-7073-9367, safarov-alisher@mail.ru

Акрамова Фируза Джалалиддиновна, Институт Зоологии Академии наук Республики Узбекистан (100123, г. Ташкент, ул. Богишамол, 232), доктор биологических наук, профессор, zoology@academy.uz

Азимов Джалолиддин Азимович, Институт Зоологии Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, ул. Богишамол, 232), академик АН РУз, доктор биологических наук, профессор, zoology@academy.uz

Вклад соавторов:

Сафаров Алишер Абдукахар угли – развитие методологии, лабораторный анализ материалов, сравнительный анализ результатов исследований на домашних и диких хищных млекопитающих и формирование выводов.

Акрамова Фируза Джалалиддиновна – обзор исследований по проблеме, критический анализ материалов и формирование выводов.

Азимов Джалолиддин Азимович – научное руководство, обзор исследований по проблеме, критический анализ материалов и формирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Agrinsky N. I. Insects and ticks that harm livestock animals. Moscow, 1961; 288. (In Russ.)
2. Azimov D. A., Dadaev S. D., Akramova F. D., Saparov K. A. Helminths of ruminants in Uzbekistan. Tashkent, Fan, 2015; 223. (In Russ.)
3. Azimov D. A., Akramova F. D., Shakarbayev U. A., Shakarboyev E. B., Safarov A. A., Berdibayev A. S. New data on the nematode Dirofilaria immitis, a canine (Carnivora: Canidae) parasite in Uzbekistan. *Zhurnal dokladov Akademii nauk Respubliki Uzbekistan = Journal of Reports by the Republic of Uzbekistan Academy of Sciences*. Tashkent, 2019; 5: 101-106.
4. Arkhipov I. A., Berezkina S. V., Demidov N. V. Dirofilariasis of dogs in the Surxondaryo Region. *Materialy dokl. nauchn. konf. Vses. o-va gel'mintol = Proceedings of the Scientific Conference of the All-Union Society of Helminthologists*. Moscow, 1983; 104-105. (In Russ.)
5. Arkhipov I. A., Arkhipova D. R. Dirofilariosis. Moscow, 2004; 194. (In Russ.)
6. Bronshtein A. M., Supryaga V. G., Stavrovsky B. I., Sabgai-da T. P., Luchshev V. I., Korotkova G. I. et al. Human dirofilariosis in the Moscow Region. *Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical parasitology and parasitic diseases*. 2003; 3: 51–60. (In Russ.)
7. Bronstein A. M. et al. Human dirofilariosis caused by Dirofilaria (nochtiella) repens is a migratory helminthiasis of the skin and internal organs: new data on the "old" disease, analysis of our own observations and literature review. *Epidemiologiya i infektsionnyye bolezni = Epidemiology and infectious diseases*. 2016; 21 (3): 157-165. (In Russ.)
8. Delyanova R. Sh. Helminth fauna of dogs in Uzbekistan. *Uzbekskiy biologicheskiy zhurnal = Uzbek Biological Journal*. 1958; 5: 47-57. (In Russ.)
9. Zhdanova M. G. On helminth fauna of dogs in Samarkand. *Trudy Uzb. s-kh. in-ta = Proceedings of the Uzbek Agricultural Institute*. 1949; 7: 127-133. (In Russ.)
10. Irgashev I. Kh. On the study of helminth fauna of domestic and wild carnivores in the Samarkand Region. *Uzbekskiy biologicheskiy zhurnal = Uzbek Biological Journal*. 1958; 5: 39-45. (In Russ.)
11. Kozlov D. P. Identification guide of helminths of carnivorous mammals in the USSR. Moscow, Publishing House Nauka (Science), 1977; 276. (In Russ.)
12. Matchanov N. M., Dadaev S. D., Azimov D. A. et al. Helminths of live-stock animals. In the book: *Ecology of animal parasites in the North-East of Uzbekistan*. Tashkent, Fan, 1986; 37-54. (In Russ.)
13. Muminov P. A. Helminth fauna of wild carnivores in Uzbekistan and its role in epidemiology and epizootology. In collection: *Helminths of animals and plants in Uzbekistan*. Tashkent, 1968; 36-114. (In Russ.)
14. Muminov P. A. Helminths of domestic carnivores in Uzbekistan and neighboring republics. In the book: *Ecology and biology of parasitic worms of animals in Uzbekistan*. Tashkent, 1976; 20-39. (In Russ.)
15. Muminov P. A., Sultanov M. A., Elbusinova M. et al. Helminths of domestic carnivores. In the book: *Ecology of animal parasites in the North-East of Uzbekistan*. Tashkent: Fan, 1986; 55-62. (In Russ.)

16. Petrov A. M. On the fauna of parasitic worms of domestic carnivores in Turkestan. *Proceedings of the State Institute of Experimental Veterinary Medicine*. 1926; 2 (2): 93-95. (In Russ.)

17. Safarov A. A., Akramova F. D., Shakarbayev U. A., Azimov D. A. Parasite fauna of the domesticated dog (*Canis familiaris* Dom.) in the modern metropolis of Tashkent. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2018; 12 (4): 41–49. (In Russ.)

18. Skrjabin K. I., Petrov A. M. Fundamentals of Veterinary Nematology. Moscow, Kolos, 1964; 221. (In Russ.)

19. Sonin M. D. Filariosis of animals and humans and diseases caused by them. Moscow, Publishing House Nauka (Science), 1975; 396. (In Russ.)

20. Sultanov M. A., Sarymsakov F. S., Muminov P. A. et al. Helminths of animals in the Karakalpak ASSR. In the book: *Parasites of animals and humans in the lower reaches of the Amu Darya*. Tashkent, Fan, 1969; 3-65. (In Russ.)

21. Taryannikov V. I. Parasites of the jackal *Canis aureus aureus* L. in the middle reaches of the Syrdarya. *Parasitology*. 1983; XVII. 6: 478-480. (In Russ.)

22. Shernazarov E. Sh., Vashetko E. V., Kreitsberg E. A., Bykova E. A., Khurshut E. E. Vertebrates in Uzbekistan. Directory. Tashkent, 2006; 174. (In Russ.)

23. Anderson R. C. Nematoda parasites of Vertebrates their development and transmission. New York, CAB International, 2000; 650.

24. Macpherson Calum N. L., Francois-Xaiver Meslin, Alexander I. Wandeler. Dogs, Zoonozes and Public Health. UK – USA, CABI, 2013; 277.

25. Norkobilov B., Safarov A. A., Akramova F., Azimov D., Shakarbayev U., Berdibayev A. The Cycle of Nematode Dirofilaria Immitis (Leidy, 1856) in the Ecological and Epizootological Chains of Canines in the Biocoenoses of Uzbekistan. *American Journal of Zoology*. 2020; 3 (1): 5-9.

The article was submitted 05.06.2021; accepted for publication 15.09.2021

About the authors:

Safarov Alisher A., State Committee for Veterinary Medicine and Livestock Development of the Republic of Uzbekistan (21a, Kichik Khalka Yuli st., Tashkent, 100123) PhD, ORCID ID: 0000-0002-7073-9367, safarov-alisher@mail.ru

Akramova Firuza J., Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (232, Bogishamol st., Tashkent, 100123), Doctor of Biological Sciences, Professor, zoology@academy.uz

Azimov Jaloliddin A., Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (232, Bogishamol st., Tashkent, 100123), academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, doctor of biological sciences, professor, zoology@academy.uz

Contribution of co-authors:

Safarov Alisher A. – development of methodology, laboratory analysis of materials, comparative analysis of research results on domestic and wild carnivorous mammals and the formation of conclusions.

Akramova Firuza D. – a review of research on the problem, a critical analysis of materials and the formation of conclusions.

Azimov Jaloliddin A. – scientific leadership, review of research on the problem, critical analysis of materials and formation of conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995.1-085

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-112-118

Оценка влияния супрамолекулярного комплекса фенбендазола на эмбриональное развитие

Анастасия Ивановна Варламова [1], Надежда Борисовна Емельянова [2], Иван Алексеевич Архипов [3], Тамара Самуиловна Новик [4], Каринэ Гегамовна Курочкина [5], Владислав Евгеньевич Абрамов [6]

[1–6] 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

[1] arsphoeb@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8364-5055

[2] emelyanova13@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1920-0363

[3] arkhipovhelm@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-5165-0706

[4] novik.tamara@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9317-2052

[5] kar.kur.49@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-2738-8853

[6] 53.net@mail,ru, https://orcid.org/0000-0003-4902-5666

Аннотация

Цель исследований: изучить эмбриотропное действие супрамолекулярного комплекса фенбендазола (СМКФ).

Материалы и методы. Опыт по оценке возможных эмбриотропных свойств проводили в соответствии с Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ на 40 белых крысах-самках и 20 самцах. Отобранных беременных самок разделили на три опытные и одну контрольную группы. СМКФ вводили внутрижелудочно многократно на 1–6-е сутки эмбриогенеза (1 группа), на 7–14-е сутки (2 группа) и на 15–19-е сутки (3 группа) в трехкратной терапевтической дозе – 6,0 мг/кг по ДВ. Животные контрольной группы получали физиологический раствор с 1 по 19-е сутки беременности. На 20-е сутки беременности крыс подвергали эвтаназии. После лапаротомии извлекали матку с плодами, регистрировали число желтых тел, мест имплантации, число живых, мертвых и резорбированных плодов, определяли массу и диаметр плаценты. Эмбрионы осматривали, взвешивали, определяли краниокаудальные размеры, подсчитывали уровни общей эмбриональной, предимплантационной и постимплантационной гибели эмбрионов. Плоды исследовали на наличие аномалий внутренних органов и изменений со стороны костной системы по методам J. G. Wilson (1965) и A. B. Dawson (1926), модифицированных в отделе эмбриологии ИЭМ АМН СССР.

Результаты и обсуждение. Установлено, что СМКФ в трехкратной терапевтической дозе 6,0 мг/кг по ДВ при введении в желудок на 1-6; 7-14 и 15-19-е сутки беременности не индуцирует токсическое воздействие на плод: показатели смертности, размеры и масса эмбрионов находились на уровне показателей контрольной группы животных. СМКФ не вызывал внешних и внутренних пороков развития.

Ключевые слова: супрамолекулярный комплекс, фенбендазол, поливинилпирролидон, эмбриотоксическое действие, тератогенное действие, плод, плацента, белые крысы

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Варламова А. И., Емельянова Н. Б., Архипов И. А., Новик Т. С., Курочкина К. Г., Абрамов В. Е.* Оценка влияния супрамолекулярного комплекса фенбендазола на эмбриональное развитие // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 112–118.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-112-118

© Варламова А. И., Емельянова Н. Б., Архипов И. А., Новик Т. С., Курочкина К. Г., Абрамов В. Е., 2022

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

Original article

Evaluation of supramolecular complex of fenbendazole effect on embryonic development

Anastasiya I. Varlamova [1], Nadezhda B. Emelyanova [2], Ivan A. Arkhipov [3], Tamara S. Novik [4], Karine G. Kurochkina [5], Vladislav E. Abramov [6]

[1–6] 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", Moscow, Russia

[1] arsphoeb@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8364-5055

[2] emelyanova13@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1920-0363

[3] arkhipovhelm@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-5165-0706

[4] novik.tamara@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9317-2052

[5] kar.kur.49@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-2738-8853

[6] 53.net@mail,ru, https://orcid.org/0000-0003-4902-5666

Abstract

The purpose of the research is to study the embryotropic effect of supramolecular complex of fenbendazole (SMCF).

Materials and methods. The experiment to assess the embryotropic properties of SMCF was carried out on 40 white female and 20 male rats in accordance with the Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. Pregnant female rats were divided into 3 experimental and one control groups. SMCF was administered intragastrically on the 1–6 days of embryogenesis (group 1); on the 7–14 days (group 2) and on the 15–19 days (group 3) in three times therapeutic dose – 6,0 mg/kg of active substance. The animals of the control group received saline from the first to the 19th days of pregnancy. Rats were euthanized on the 20th day of pregnancy. The uterus with fetuses was removed after laparotomy, the number of corpora lutea, implantation sites, the number of living, dead and resorbed fetuses were recorded, the weight and diameter of the placenta were determined. The embryos were examined, weighed, the cranio-caudal sizes were determined, the levels of total embryonic, preimplantation and postimplantation embryo death were calculated. The fetuses were examined for abnormalities of internal organs and changes in the skeletal system according to the methods of J. G. Wilson (1965) and A. B. Dawson (1926), modified in the department of embryology of the IEM of the USSR Academy of Medical Sciences.

Results and discussion. As a result, SMCF does not induce toxic effects on the fetus: mortality rates, size and weight of embryos were at the level of the control group in a threefold therapeutic dose 6,0 mg/kg at intragastric administration on the 1–6; 7–14 and 15–19 days of pregnancy. SMCF did not cause external and internal malformations.

Keywords: supramolecular complex, fenbendazole, polyvinylpyrrolidone, embryotoxic effect, teratogenic effect, fetus, placenta, white rats

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

There is no conflict of interests

For citation: Varlamova A. I., Emelyanova N. B., Arkhipov I. A., Novik T. S., Kurochkina K. G., Abramov V. E. Evaluation of supramolecular complex of fenbendazole effect on embryonic development. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(1): 112–118. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-112-118

© Varlamova A. I., Emelyanova N. B., Arkhipov I. A., Novik T. S., Kurochkina K. G., Abramov V. E., 2022

Введение

Супрамолекулярный комплекс фенбендазола (СМКФ) представляет собой аморфный порошок с содержанием 10 % фенбендазола и 90 % поливинилпирролидона (ПВП), подвергнутых механохимической обработке. СМКФ рекомендован к применению при стронгилятозах пищеварительного тракта, диктиокаулезе, мониезиозе овец в дозе 20 мг/кг, трихоцефалезе – 40 мг/кг [2].

В организме животных многие бензимидазолы метаболизируются до сульфоксида и

сульфона. Учитывая многочисленные литературные данные о наличии у производных бензимидазолкарбаматов эмбриотропной и цитогенетической активности [3, 9, 12], токсикологическая оценка препарата включала в себя его тестирование на репродуктивную систему животных.

Материалы и методы

Эмбриотропное действие СМКФ оценивали с использованием общепринятых методик в виварии ВНИИП – филиале ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН [4–6, 10] в соответствии со всеми необходимыми нормами кормления и содержания животных [7, 8]. В опытах было использовано 40 белых беспородных крыс-самок массой 200–220 г и 20 самцов, которых содержали раздельно.

Для установления точного срока беременности к самкам массой 180–220 г, находящимся в стадии эструса и проэструса, подсаживали самцов массой 250–270 г, в соотношении 4 : 1. Первый день беременности крыс устанавливали при обнаружении сперматозоидов во влагалищных мазках.

Белым беспородным беременным крысам СМКФ вводили перорально на 1–6-е сутки эмбриогенеза (1 группа); на 7–14-е сутки (2 группа) и на 15–19-е сутки (3 группа) в трехкратной терапевтической дозе 6,0 мг/кг по ДВ. Контрольная группа животных была сформирована по принципу аналогов и получала физиологический раствор.

Животных убивали на 20-е сутки беременности методом декапитации. После лапаротомии извлекали матку и зародышей из плодовместилищ и регистрировали число желтых тел беременности в обоих яичниках, мест имплантации, число живых, мертвых, уродливых и резорбированных плодов. Эмбрионы тщательно осматривали, взвешивали, определяли кранио-каудальные размеры, определяли массу и диаметр плаценты, подсчитывали уровни общей эмбриональной, предимплантационной и постимплантационной гибели эмбрионов. Плоды исследовали на наличие аномалий внутренних органов по методам J. G. Wilson (1965) и A. B. Dawson (1926), модифицированных в отделе эмбриологии ИЭМ АМН СССР [4, 5]. Для исследования по методу Доусона плоды 20-го дня развития фиксировали в 96%-ном спирте в течение 7 сут, затем погружали в 1%-ный раствор КОН для просветления мягких тканей, после чего добавляли 1%-ный раствор ализарина для окрашивания окостеневших участков скелета в красно-фиолетовый цвет; через 3 суток переносили плоды в чистый раствор, состоящий из 150 мл глицерина, 800 мл дистиллированной воды и 10 г КОН для полного обесцвечивания мягких тканей и через 14 сут обезвоживали и исследовали костную систему, определяя длину закладок окостенения трубчатых костей (лопаточной, плечевой, локтевой, лучевой, бедренной, большой и малой берцовых). Для исследования по методу Вильсона плоды фиксировали в жидкости Буэна; через 2 недели проводили последовательные сагиттальные срезы бритвой.

Статистическую обработку полученных результатов проводили по методу Стьюдента-Фишера с использованием программы Microsoft Excel 2007.

Результаты

Результаты оценки СМКФ на эмбриотоксическое и тератогенное действие приведены в таблице 1.

Изучение эмбриотоксического и тератогенного действия СМКФ проводили с учетом воздействия препарата на критические периоды эмбриогенеза: доимплантационный период, период органогенеза и фетогенеза, которые являются наиболее чувствительными для установления тератогенной и эмбриотоксической активности антигельминтных препаратов.

Как показали результаты исследований, при введении СМКФ на 1–6-е сутки эмбриогенеза было отмечено, что общее состояние крыс, двигательная активность, потребление корма и воды, привесы массы тела соответствовали показателям животных контрольной группы. Уровни предимплантационной, постимплантационной и общей эмбриональной смертности были равны соответственно 9,27%, 2,34 и 12,72% против 9,30%, 2,09 и 10,04% в контроле (табл. 1, $P \geq 0,05$). При введении СМКФ на 7–14-е сутки и 15–19-е сутки данные показатели составили соответственно 10,24%; 2,13 и 11,16% и 9,70%; 1,34 и 10,78%.

Статистически достоверного изменения массы и размеров плодов на данном и на других сроках беременности отмечено не было.

Таблица 1 [Table 1]

Влияние СМКФ на эмбриогенез белых беспородных крыс в дозе 6,0 мг/кг по ДВ [Influence of SMCF on the embryogenesis of outbred rats at a dose of 6.0 mg/kg of AS]

Показатель [Indicator]	Сутки эмбриогенеза, в которые вводили препарат [Days of embryogenesis when the drug was administered]			Контрольная группа [Control group]
	1–6	7–14	15–19	1–19
Число самок [Number of females]	10	10	10	10
Число живых плодов на одну самку [Number of live fetuses per female]	10,74±0,68	9,43±0,63	11,50±0,64	10,92±0,73
Предимплантационная гибель, % [Pre-implantation death, %]	9,27±3,17	10,24±3,96	9,70±3,41	9,30±3,02
Постимплантационная гибель, % [Post-implantation death, %]	2,34±0,94	2,13±0,97	1,34±0,93	2,09±1,96
Общая эмбриональная смертность, % [Total embryonic mortality, %]	12,72±3,43	11,16±3,12	10,78±3,24	10,04±3,36
Масса плода, г [Fetal weight, g]	2,67±0,31	2,78±0,04	2,80±0,34	2,69±0,23
Краниокаудальный размер плода, см [Craniocaudal size of the fetus, cm]	2,90±0,08	2,93±0,07	2,89±0,06	2,94±0,06
Масса плаценты, г [Placenta weight, g]	0,72±0,04	0,75±0,05	0,70±0,04	0,71±0,05
Диаметр плаценты, см [Placenta diameter, cm]	1,47±0,09	1,50±0,06	1,46±0,05	1,48±0,04
Плодоплацентарный коэффициент, % [Fetoplacental coefficient, %]	26,96	26,97	25,00	26,39
Плоды с внешними и внутренними аномалиями развития, % [Fetus with external and internal developmental anomalies, %]	–	–	–	–

Примечание [Note]. P ≥ 0,05

Так, размер плодов в опытной группе при введении СМКФ в первый период эмбриогенеза составил 2,90±0,08, в контроле – 2,94±0,06 см. Масса плодов была равна 2,67±0,31, в контроле – 2,69±0,23 г (табл. 1, P ≥ 0,05). Размер и масса плаценты незначительно отличались в опытных и контрольных группах. Аналогичные результаты были получены по данным показателям на 7–14-е и 15–19-е сутки эмбриогенеза. Внешний осмотр плодов под бинокулярной лупой не выявил аномалий глаз, мозга, конечностей, позвоночника, хвоста и передней брюшной стенки.

При исследовании тератогенного эффекта препарата по методу Вильсона в модификации отдела эмбриологии НИИЭМ АМН СССР показано, что выраженных внешних и внутренних аномалий развития у плодов зарегистрировано не было. После анализа проведенных последовательных сагиттальных срезов не выявлено нарушений топографии и патологии сердца, легких, крупных сосудов, спинного мозга, органов брюшной полости, мочевыделительной и половой систем. Анатомические структуры нижней челюсти, переднего отдела твердого нёба, носовой полости, глазных яблок и обонятельных луковиц, больших полушарий головного мозга, 4-го желудочка были без аномалий развития и симметрично расположены. Состояние костной системы было без изменений, о чем свидетельствуют данные, полученные по методу Даусона (табл. 2). Размеры зачатков плечевой, лопаточной, локтевой, лучевой, а также бедренной, большой и малой берцовых костей у опытных и контрольных плодов находились в пределах нормы.

Таким образом, СМКФ показал отсутствие эмбриотоксического эффекта при введении в три раза увеличенной терапевтической дозе 6,0 мг/кг по ДВ на разные сроки эмбриогенеза. Тератогенный эффект установлен не был.

Обсуждение

По сообщениям ряда ученых, бензимидазолкарбаматы, к которым относится фенбендазол, обладают эмбриотоксическим и тератогенным действием [3, 9]. Однако, фенбендазол не обладает подобным действием, о чем свидетельствуют опыты на белых крысах

Таблица 2

Средние размеры зачатков костной системы у плодов после введения СМКФ в дозе 6,0 мг/кг по ДВ в различные периоды эмбриогенеза

[The average size of the rudiments of the skeletal system in fetuses after SMCF administration at a dose of 6.0 mg/kg of AS in different periods of embryogenesis]

Название кости [Bone]		Длина кости эмбрионов (мм) при введении препарата в периоды эмбриогенеза [The length of the bones of embryos (mm) after drug administration in different periods of embryogenesis]			Контроль [Control]
		1-6	7-14	15-19	
Плечевая [Brachial]	левая [left]	3,34±0,04	3,39±0,03	3,40±0,05	3,36±0,04
	правая[right]	3,32±0,07	3,36±0,04	3,40±0,06	3,34±0,08
Локтевая [Elbow]	левая [left]	3,32±0,06	3,34±0,05	3,36±0,07	3,38±0,04
	правая[right]	3,39±0,08	3,36±0,06	3,34±0,08	3,38±0,07
Лучевая [Radius]	левая [left]	2,93±0,04	2,94±0,04	2,90±0,05	2,94±0,04
	правая[right]	2,94±0,05	2,93±0,04	2,92±0,03	2,89±0,04
Бедренная [Femur]	левая [left]	2,68±0,04	2,69±0,06	2,70±0,04	2,69±0,05
	правая[right]	2,64±0,06	2,65±0,05	2,68±0,04	2,67±0,08
Большая берцовая [Great tibia]	левая [left]	3,05±0,08	3,02±0,04	3,04±0,05	3,05±0,05
	правая[right]	3,05±0,07	3,03±0,04	3,05±0,03	3,06±0,04
Малая берцовая [Small tibia]	левая [left]	2,96±0,04	3,02±0,04	2,99±0,03	3,01±0,05
	правая[right]	2,96±0,03	2,99±0,05	2,97±0,04	2,01±0,12
Лопатка [Shoulder blade]	левая [left]	3,49±0,08	3,53±0,07	3,54±0,08	3,52±0,06
	правая[right]	3,49±0,06	3,54±0,07	3,57±0,04	3,55±0,08

Примечание [Note]. Во всех случаях $P \geq 0,05$

и мышах [12, 13], а также опыты, проведенные в производственных условиях на овцах, коровах, кобылах и свиноматках [16]. При пероральном введении фенбендазола в дозе 63 мг/кг крольчихам ежедневно с 7 по 19-е сутки беременности отмечали аборт одной из 10 маток, а у двух при вскрытии на 29-е сутки беременности обнаруживали имплантационные участки, что указывало на аборт или раннюю резорбцию [13].

Эмбриотоксичность фенбендазола и его производных –SO и $–SO_2$ не проявилась в опытах на крысах [12]. Но SO – производное фенбендазола в дозе 15,75 мг/кг показало эмбриотоксическое действие. Не выявлено влияния фенбендазола в дозе 10 мг/кг на качество спермы быков и в дозе 20 мг/кг у жеребцов [15]. Повторные дозы фенбендазола в терапевтической и повышенных дозах не вызывали тератогенного действия на овцах, крупном рогатом скоте и лошадях; не оказывали влияние на организм новорожденных ягнят и телят и оплодотворяемость животных [11, 14].

Фенбендазол в составе вигисокса не обладает эмбриотоксическим и тератогенным действием при введении в желудок белым крысам на 1–6-е, 7–17 и 15–19-е сутки беременности в трехкратной терапевтической дозе (180 мг/кг по ДВ); не оказывает отрицательного влияния на постнатальное развитие крыс, не проявляет антимитотического действия в популяции клеток костного мозга [1].

Наличие в супрамолекулярном комплексе водорастворимого полимера ПВП и полученных иных физико-химических свойств субстанции фенбендазола после совместной механохимической обработки требовало изучить возможное эмбриотоксическое действие СМКФ. Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов [11–16] и свидетельствуют об отсутствии эмбриотоксических и тератогенных свойств.

Список источников

1. *Варламова А. И., Скира В. Н., Архипов И. А.* Оценка вигисокса на эмбриотоксическое и тератогенное действие // «Актуальные проблемы развития ветеринарной науки»: материалы международной конференции. Самара, 2014. С. 72-74.

2. *Варламова А. И.* Методика по применению супрамолекулярного фенбендазола при гельминтозах жвачных животных // Российский

паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 4. С. 57–60.

3. *Грушинская В. А.* Влияние бенацила на течение суягности овец // Бюллетень Всесоюзного института гельминтологии. 1983. Вып. 33. С. 574.
4. *Дыбан А. П., Баранов В. С., Акимова И. М.* Основные методические подходы к тестированию тератогенной активности химических веществ // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1970. № 10. С. 89–100.
5. *Дыбан А. П., Пучков В. Ф., Чеботарь Н. А.* и др. Методические указания по изучению эмбриотоксического действия фармакологических веществ и влияние их на репродуктивную функцию. М.: МЗ СССР, 1986. 21 с.
6. Методические рекомендации по доклиническому изучению репродуктивной токсичности фармакологических средств // Ведомости Фармакологического Комитета. 1998. № 1. С. 13–20.
7. Приказ МЗ СССР № 1179 от 10.10.1983 г. «Об утверждении нормативов затрат кормов для лабораторных животных в учреждениях здравоохранения».
8. Приказ МЗ РФ 199н от 01.04.2016 г. «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики».
9. *Рябова В. А., Лаптева Л. А.* Эмбриотоксикологическое и тератогенное действие БМК на зародыши крыс // Бюллетень Всесоюзного института гельминтологии. 1981. Вып. 28. С. 56-60.
10. *Хабриев Р. У.* Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: Медицина, 2005. 832 с.
11. *Becker W.* Assessment of residues after administration of Panacur. Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift. 1976; 89 (23): 453-456.
12. *Delatour P., Richard Y.* The embryotoxic and antimitotic properties of a series of benzimidazoles. Therapie. 1976; 31 (4): 505-515.
13. *Düwel D.* Safety of fenbendazole in animals. Amer. J. Vet. Res. 1976; 36 (3): 104-107.
14. *Düwel D.* Treatment of helminthiasis in ruminants – a review. Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift. 1981; 94 (19): 378-382.
15. *Krause D., Reinhard H. J., Köhler W., Tiefenbach B.* Untersuchungen uber die wirkung des anthelminthikums fenbendazol auf die spermaqualität von besamungsbullen. Dtsch. tierärztl. Wschr. 1975; 82: 231–233.
16. *Tiefenbach B.* Fenbendazole, a new anthelminthic for the treatment of gastrointesninal nematodes of domestic animals – experiences in field trials. Proceeding's 3rd International Congress of Parasitology. Munich, 1974; 3: 1398–1399.

Статья поступила в редакцию 12.11.2021; принята к публикации 15.01.2022

Об авторах:

Варламова Анастасия Ивановна, Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН) (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, arsphoeb@mail.ru

Емельянова Надежда Борисовна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-1920-0363, emelyanova13@mail.ru

Архипов Иван Алексеевич, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, arkhipovhelm@mail.ru

Новик Тамара Самуиловна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор биологических наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-9317-2052, novik.tamara@mail.ru

Курочкина Каринэ Гегамовна, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, ORCID ID: 0000-0003-2738-8853, kar.kur.49@yandex.ru

Абрамов Владислав Евгеньевич, ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, 28), Москва, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0003-4902-5666, 53.net@mail.ru

Вклад соавторов:

Варламова А. И. – обзор и проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка статьи.

Надежда Б. Е. – научное руководство, развитие методологии, проведение исследований, подготовка статьи.

Архипов И. А. – научное руководство, разработка методологии, проведение исследований, критический анализ материалов, подготовка статьи.

Новик Т. С. – анализ и интерпретация полученных данных.

Курочкина К. Г. – проведение исследований, критический анализ материалов.

Абрамов В. Е. – анализ полученных результатов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Varlamova A. I., Skira V. N., Arkhipov I. A. Evaluation of vigisox for embryotoxic and teratogenic effects. *«Aktual'nyye problemy razvitiya veterinarnoy nauki»: materialy mezhdunarodnoy konferentsii = "Actual problems of the development of veterinary science": materials of the international conference*. Samara, 2014; 72-74. (In Russ.)
2. Varlamova A. I. Methodology for application of supramolecular fenbendazole against helminthosis in ruminants. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (4): 57–60. (In Russ.)
3. Grushinskaya V. A. Influence of benacil on the course of pregnancy in sheep. *Byulleten' Vsesoyuznogo instituta gel'mintologii = Bulletin of the All-Union Institute of Helminthology*. 1983. 33: 574. (In Russ.)
4. Dyban A. P., Baranov V. S., Akimova I. M. Basic methodological approaches to testing the teratogenic activity of chemicals. *Arkhiv anatomii, gistologii i embriologii = Archive of Anatomy, Histology and Embryology.* 1970; 10: 89–100. (In Russ.)
5. Dyban A. P., Puchkov V. F., Chebotar N. A. et al. Guidelines for the study of the embryotoxic action of pharmacological substances and their effect on reproductive function. Moscow, MZ USSR, 1986; 21. (In Russ.)
6. Guidelines for the preclinical study of the reproductive toxicity of pharmacological agents. *Vedomosti Farmakologicheskogo Komiteta = Bulletin of the Pharmacological Committee*. 1998; 1: 13–20. (In Russ.)
7. Order of the Ministry of Health of the USSR No. 1179 dated 10.10.1983 «On approval of the norms for the cost of feed for laboratory animals in health care institutions». (In Russ.)
8. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation 199n dated 04/01/2016 "On approval of the rules of good laboratory practice". (In Russ.)
9. Ryabova V. A., Lapteva L. A. Embryotoxicological and teratogenic effects of BMC on rat embryos. *Byulleten' Vsesoyuznogo instituta gel'mintologii = Bulletin of the All-Union Institute of Helminthology*. 1981; 28: 56-60. (In Russ.)
10. Khabriev R. U. Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. Moscow, Medicine, 2005; 832. (In Russ.)
11. Becker W. Assessment of residues after administration of Panacur. *Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift*. 1976; 89 (23): 453-456.
12. Delatour P., Richard Y. The embryotoxic and antimitotic properties of a series of benzimidazoles. *Therapie*. 1976; 31 (4): 505-515.
13. Düwel D. Safety of fenbendazole in animals. *Amer. J. Vet. Res*. 1976; 36 (3): 104-107.
14. Düwel D. Treatment of helminthiasis in ruminants – a review. *Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift*. 1981; 94 (19): 378-382.
15. Krause D., Reinhard H. J., Köhler W., Tiefenbach B. Untersuchungen uber die wirkung des anthelminthikums fenbendazol auf die spermaqualität von besamungsbullen. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 1975; 82: 231–233.
16. Tiefenbach B. Fenbendazole, a new anthelminthic for the treatment of gastrointesninal nematodes of domestic animals – experiences in field trials. *Proceeding's 3rd International Congress of Parasitology.* Munich, 1974; 3: 1398–1399.

The article was submitted 12.11.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Varlamova Anastasiya I., 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) (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Candidate of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0001-8364-5055, arsphoeb@mail.ru

Emelyanova Nadezhda B., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Candidate of Biological Sciences, ORCID ID: 0000-0003-1920-0363, emelyanova13@mail.ru

Arkhipov Ivan A., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0001-5165-0706, arkhipovhelm@mail.ru

Novik Tamara S., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Biological Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0001-9317-2052, novik.tamara@mail.ru

Kurochkina Karine G., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, ORCID ID: 0000-0003-2738-8853, kar.kur.49@yandex.ru

Abramov Vladislav E., VNIIP – FSC VIEV (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218), Moscow, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0003-4902-5666, 53.net@mail.ru

Contribution of co-authors:

Varlamova A. I. – review and conduct of research, analysis and interpretation of the obtained data, preparation of the article.

Emelyanova N. B. – scientific management, development of methodology, research, preparation of the article.

Arkhipov I. A. – scientific management, development of methodology, research, critical analysis of materials, preparation of the article.

Novik T. S. – analysis and interpretation of the obtained data.

Kurochkina K. G. – conducting research, critical analysis of materials.

Abramov V. E. - analysis of the obtained results.

All authors have read and approved the final manuscript.

Научная статья

УДК 619:616.995:636

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-119-124

Роль зоофильных мух в распространении зоонозов в скотоводческих хозяйствах Ивановской области и меры борьбы с ними

Сергей Владимирович Егоров [1], Елена Николаевна Крючкова [2], Борис Георгиевич Абалихин [3], Евгений Александрович Соколов [4]

[1–4] Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. К. Беляева, Иваново, Россия

[1, 2, 4] aparasitology-isaa@yandex.ru

[3] abalikhinbg@ivgsxa.ru

Аннотация

Цель исследований: изучить фауну зоофильных мух на территории хозяйств Палехского района Ивановской области, определить сравнительную эффективность инсектицидных препаратов и длительность их действия; установить роль зоофильных мух в распространении яиц гельминтов и ооцист простейших.

Материалы и методы. Фаунистический сбор зоофильных мух проводили в телятниках-профилакториях скотоводческих ферм в хозяйствах Палехского района Ивановской области. Видовую принадлежность зоофильных мух определяли на кафедре инфекционных и паразитарных болезней Ивановской ГСХА. Проведена сравнительная эффективность инсектицидных препаратов.

Результаты и обсуждение. Фауна зоофильных мух на скотоводческих фермах в хозяйствах Ивановской области Палехского района представлена тремя семействами: Muscidae (92,78%), Calliphoridae (1,16%), Scatophagidae (5,69%). Они в равной степени контаминированы яйцами возбудителей гельминтозов и ооцистами возбудителей протозоозов, а их роль в распространении гельминтозов и протозоозов определяется индексом доминирования в фауне животноводческих помещений. Наиболее быстрый эффект острого инсектицидного действия наблюдали у препарата с ДВ имидаклоприд – 4 мин. после контактирования насекомых с обработанными поверхностями объектов. У препаратов с ДВ тиаметоксам и циперметрин инсектицидные свойства проявились через 8 мин. Наиболее продолжительное инсектицидное действие наблюдали у препарата с ДВ имидаклоприд; оно составило 13 сут, в то время как у препаратов с ДВ тиаметоксам и циперметрин - чуть более половины этого срока.

Ключевые слова: зоофильные мухи, гельминтозы, протозоозы, имидаклоприд, тиаметоксам, циперметрин

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

Конфликт интересов отсутствует

Для цитирования: *Егоров С. В., Крючкова Е. Н., Абалихин Б. Г., Соколов Е. А.* Роль зоофильных мух в распространении зоонозов в скотоводческих хозяйствах Ивановской области и меры борьбы с ними // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 119–124.

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-119-124

© Егоров С. В., Крючкова Е. Н., Абалихин Б. Г., Соколов Е. А., 2022

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

Original article

The role of zoophilous flies in the spread of zoonoses in cattle breeding farms of the Ivanovo region and measures to combat them

Sergey V. Egorov [1], Elena N. Kryuchkova [2], Boris G. Abalikhin [3], Evgeny A. Sokolov [4]

[1–4] Ivanovo State Agricultural Academy named after Academician D. K. Belyaev, Ivanovo, Russia

[1,2,4] parasitology-isaa@yandex.ru

[3] abalikhinbg@ivgsxa.ru

Abstract

The purpose of the research is to study the fauna of zoophilous flies on the territory of the farms of the Palekh district of the Ivanovo region, to determine the comparative effectiveness of insecticidal preparations and the duration of their action; establish the role of zoophilous flies in the spread of helminth eggs and protozoan oocysts.

Materials and methods. The faunistic collection of zoophilous flies was carried out in calf dispensaries of livestock farms in the farms of the Palekh district of the Ivanovo region. The species of zoophilic flies was determined at the Department of Infectious and Parasitic Diseases of the Ivanovo State Agricultural Academy. The comparative effectiveness of insecticidal preparations was carried out.

Results and discussion. The fauna of zoophilic flies on cattle farms in the farms of the Ivanovo region of the Palekh district is represented by three families: Muscidae (92.78%), Calliphoridae (1.16%), Scatophagidae (5.69%). They are equally contaminated with eggs of pathogens of helminthoses and oocysts of pathogens of protozooses, and their role in the spread of helminthosis and protozoosis is determined by the index of dominance in the fauna of livestock buildings. The fastest effect of acute insecticidal action was observed in the drug with AD imidacloprid – 4 min. after contact of insects with treated surfaces of objects. In preparations with AD, thiamethoxam and cypermethrin showed insecticidal properties after 8 min. The longest insecticidal effect was observed in the drug with AD imidacloprid; it was 13 days, while for drugs with DV thiamethoxam and cypermethrin - a little more than half of this period.

Keywords: zoophilic flies, helminthoses, protozooses, imidacloprid, thiamethoxam, cypermethrin

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

There is no conflict of interests

For citation: Egorov S. V., Kryuchkova E. N., Abalikhin B. G., Sokolov E. A. The role of zoophilous flies in the spread of zoonoses in cattle-breeding farms of the Ivanovo region and measures to combat them. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(1): 119–124. (In Russ.).

https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-1-119-124

© Egorov S. V., Kryuchkova E. N., Abalikhin B. G., Sokolov E. A., 2022

Введение

К экологической группе зоофильных и синантропных мух относят двукрылых насекомых, обитающих вблизи жилья человека и животноводческих помещений [3, 4, 7].

Вред, который наносят зоофильные мухи животноводству, складывается из двух компонентов: мухи переносят на своем теле возбудителей различных инфекционных (сибирская язва, дифтерия, холера, чума свиней и другие) заболеваний; микроорганизмы, распространяемые мухами, вызывают порчу продукции животноводства. Известно, что насекомые переносят на своем теле яйца таких гельминтов, как аскариды, оксиуры, тениды плотоядных, ооцисты эймерий, а также чесоточных клещей. Кроме того, мухи являются промежуточными хозяевами гельминтов: драшей, телязий, габронем, парафилярий, филярий. Личинки мух могут вызывать миазы на теле животных и человека. Потери животноводческой продукции в период массового лёта

мух складываются из недополучения молока до 20% и снижения суточного прироста массы телят, в среднем, на 0,4 кг [3, 7].

В настоящее время для борьбы с мухами на фермах и в животноводческих помещениях используется большое число инсектицидов, каждое из которых имеет действующее вещество, по-разному воздействующее на мух [2, 4–6].

В связи с этим, нами была поставлена цель изучить фауну зоофильных мух на территории хозяйств Палехского района Ивановской области; определить сравнительную эффективность инсектицидных препаратов и длительность их действия; установить роль зоофильных мух в распространении яиц гельминтов и ооцист простейших.

Материалы и методы

Фаунистический сбор зоофильных мух проводили в телятниках-профилакториях скотоводческих ферм в хозяйствах Ивановской области Палехского района. Для определения сравнительной эффективности инсектицидных препаратов с действующими веществами (ДВ) тиаметоксам, имидаклоприд и циперметрин были обработаны помещения трех телятников (стены, оконные рамы, дверные проходы) методом опрыскивания при помощи распылителя Жук оптима СГ-111.

Видовую принадлежность зоофильных мух определяли на кафедре инфекционных и паразитарных болезней имени академика РАСХН Ю. Ф. Петрова Ивановской ГСХА с помощью микроскопа МБС-9 и определителей Штакельберга А. А. [8] и Бей-Биенко Г. Я. [1]. Для установления роли зоофильных мух в распространении гельминтозов и протозоозов насекомых исследовали по методу А. И. Корчагина (1984).

Дезинсекция помещений проводилась в трех телятниках-профилакториях при помощи распылителя Жук оптима СГ-111. Методом опрыскивания были обработаны стены, оконные рамы, дверные проходы. Инсектицид с действующим веществом (ДВ) тиаметоксам применяли в 1,111%-ной концентрации рабочей суспензии из расчета 120 мл/м^2, препарат с ДВ имидаклоприд – в 1,111%-ной концентрации рабочей суспензии из расчета 100 мл/м^2, инсектицид с ДВ циперметрин – в 0,05%-ной концентрации водной эмульсии из расчета 100 мл/м^2.

Результаты и обсуждение

Анализ данных показал, что фауна зоофильных мух на скотоводческих фермах представлена четырьмя семействами – Muscidae (6 видов), Calliphoridae (5 видов), Scatophagidae (1 вид) и Anthomyiidae (1 вид) (табл. 1).

Доминантным видом является *Musca domestica* (85,22%), содоминантными – *Stomoxys calcitrans* (4,13%) из семейства Muscidae и *Scatophaga stercoraria* (5,69%) из семейства Scatophagidae. Второстепенными видами являются *Muscina stabulans* (1,89%), *M. sorbens* (0,89%), *Hydrotaea dentipes* (0,46%), *Haematobosca stimulans* (0,13%), а также

Таблица 1 [Table 1]

Фауна зоофильных мух на фермах крупного рогатого скота в Ивановской области

[Fauna of zoophilous flies on cattle farms in the Ivanovo region]

№ п/п	Семейство и вид [Family and species]	Собрано мух [Collected flies]	Индекс доминирования, % [Dominance index,%]
Muscidae			
1	*Musca domestica*	2561	85,22
2	*M. sorbens*	27	0,89
3	*Muscina stabulans*	57	1,89
4	*Hydrotaea dentipes*	15	0,49
5	*Stomoxys calcitrans*	124	4,13
6	*Haematobosca stimulans*	4	0,13
	Всего	2788	92,78
Calliphoridae			
1	*Calliphora vicina*	2	0,07
2	*Lucilia illustris*	4	0,13
3	*Pollenia intermedia*	15	0,49
4	*P. varia*	8	0,26
5	*Protophormia terraenovae*	6	0,20
	Всего	35	1,16
Scatophagidae			
1	*Scatophaga stercoraria*	171	5,69
	Всего	171	5,69
Anthomyiidae			
1	*Anthomyia sp.* Mg	11	0,36
	Всего	11	0,36
	Итого [Total]	3005	100

Pollenia intermedia (0,49%), *P. varia* (0,26%), *Protophormia terraenovae* (0,20%).

Индекс доминирования мух из семейства Anthomyiidae составил 0,36%, что даёт основание считать их случайно залетевшими в животноводческие помещения.

При микроскопировании надосадочной жидкости, полученной при центрифугировании смывов с поверхности тела зоофильных мух, было обнаружено 2550 яиц гельминтов и 1188 ооцист простейших.

Анализ данных показал, что указанные виды зоофильных мух являются в равной степени контаминированы яйцами возбудителей гельминтозов и ооцистами возбудителей протозоозов (табл. 2). Так, средняя интенсивность инвазии зоофильных мух яйцами аскарид сем. Muscidae составила 0,84±0,02 экз., сем. Calliphoridae – 0,84±0,05 экз., сем. Scatophagidae – 0,77 экз. Средняя ИИ зоофильных мух ооцистами простейших сем. Muscidae составила 0,43±0,02 экз., сем. Calliphoridae – 0,43±0,05 экз., сем. Scatophagidae – 0,4 экз.

Таблица 2 [Table 2]

Число яиц гельминтов и ооцист простейших, обнаруженных на зоофильных мухах
[Number of helminth eggs and protozoan oocysts found on zoophilous flies]

№ п/п	Семейство и вид [Family and species]	Исследовано мух, экз. [Flies studied, sp.]	Обнаружено яиц аскарид, экз. [Ascaris sp. eggs were found, sp.]	Средняя ИИ мух яйцами аскарид, экз. [Average II of flies with Ascaris sp. eggs, sp.]	Обнаружено ооцист, экз. [Found oocyst, sp.]	Средняя ИИ мух ооцистами, экз. [Average II of flies with oocysts, sp.]
Muscidae						
1	*Musca domestica*	2561	2193	0,86	1016	0,46
2	*M. sorbens*	27	23	0,85	11	0,4
3	*Muscina stabulans*	57	49	0,86	23	0,4
4	*Hydrotaea dentipes*	15	13	0,86	6	0,4
5	*Stomoxys calcitrans*	124	106	0,85	49	0,39
6	*Haematobosca stimulans*	4	3	0,75	2	0,5
	Всего	2788	2387	0,84±0,02	1107	0,43±0,02
Calliphoridae						
1	*Calliphora vicina*	2	2	1	1	0,5
2	*Lucilia illustris*	4	3	0,75	2	0,5
3	*Pollenia intermedia*	15	13	0,86	6	0,4
4	*P. varia*	8	7	0,77	3	0,37
5	*Protophormia terraenovae*	6	5	0,83	2	0,33
	Всего	35	30	0,84±0,05	14	0,42±0,04
Scatophagidae						
1	*Scatophaga stercoraria*	171	133	0,77	68	0,4
	Всего	171	133	0,77	68	0,4
	Итого [Total]	2994	2550	0,83±0,02	1189	0,42±0,02

Таким образом, роль различных семейств зоофильных мух в распространении гельминтозов и протозоозов определяется в основном их индексом доминирования в фауне животноводческих помещений.

Инсектицидные свойства препарата с ДВ имидаклоприд начали проявляться через 4 мин. после контактирования насекомых с обработанными поверхностями объектов; продолжительность действия препарата сохранялась до 13 сут (срок наблюдения). У препаратов с ДВ тиаметоксам и циперметрин инсектицидное действие наблюдали через 8 мин. после контактирования насекомых с обработанными поверхностями объектов; на 7-е сутки их действие ослабевало и в помещении стали появляться первые мухи. К 13-м суткам после обработки помещения популяция насекомых находилась в прежней численности.

Заключение

Фауна зоофильных мух на скотоводческих фермах в хозяйствах Ивановской области Палехского района представлена тремя семействами: Muscidae (92,78%), Calliphoridae (1,16%), Scatophagidae (5,69%). Они в равной степени контаминированы яйцами возбудителей гельминтозов и ооцистами возбудителей протозоозов, а их роль в распространении гельминтозов и протозоозов определяется индексом доминирования в фауне животноводческих помещений.

Наиболее быстрый эффект острого инсектицидного действия наблюдали у препарата с ДВ имидаклоприд – 4 мин. после контактирования насекомых с обработанными поверхностями объектов. У препаратов с ДВ тиаметоксам и циперметрин инсектицидные свойства проявились через 8 мин. Наиболее продолжительное инсектицидное действие наблюдали у препарата с ДВ имидаклоприд, которое составило 13 сут, в то время как у препаратов с ДВ тиаметоксам и циперметрин – чуть более половины этого срока.

Список источников

1. Бей-Биенко Г. Я. Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. V. Двукрылые, блохи. Ленинград: Наука, 1970. 943 с.
2. Гадаева Г. А., Сафиуллин Р. Т., Качанова Е. О. Эффективность препарата агита против мух в свинарнике-маточнике // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научной конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН. М., 2016. Вып. 17. С. 119-121.
3. Егоров С. В., Соколов Е. А., Крючкова Е. Н. Фауна, биология зоофильных и синантропных мух Ивановской области // «Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России»: материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 90-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д. К. Беляева. Иваново, 2020. Т. 1. С. 239-242.
4. Егоров С. В., Крючкова Е. Н., Соколов Е. А. Опыт борьбы с зоофильными мухами в скотоводческих хозяйствах Ивановской области // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов Международной научной конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН. М., 2021. Вып. 22. С. 176-181.
5. Рославцева С. А. Синантропные мухи и борьба с ними на современном этапе // Пест-Менеджмент. 2011. № 1. С. 23-26.
6. Савельева О. А., Агеев И. С., Олейникова В. А., Сафиуллин Р. Т. Квик Байт гранулы против мух в свинарнике маточнике // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научной конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН. М., 2016. Вып. 17. С. 399-402.
7. Соколов Е. А., Петров Ю. Ф., Бурцева М. С. Фауна и экология зоофильных мух животноводческих хозяйств Ивановской области // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: материалы докладов научной конференции Всероссийского общества гельминтологов РАН. М., 2012. Вып. 13. С. 401-402.
8. Штакельберг А. А. Синантропные двукрылые фауны СССР. Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1956. 164 с.

Статья поступила в редакцию 06.10.2021; принята к публикации 15.01.2022

Об авторах:

Егоров Сергей Владимирович, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. К. Беляева (153012, г. Иваново, ул. Советская, 45), Иваново, Россия, доктор биологических наук, parasitology-isaa@yandex.ru

Крючкова Елена Николаевна, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. К. Беляева (153012, г. Иваново, ул. Советская, 45), Иваново, Россия, доктор ветеринарных наук

Абалихин Борис Георгиевич, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. К. Беляева (153012, г. Иваново, ул. Советская, 45), Иваново, Россия, доктор ветеринарных наук, профессор, abalikhinbg@ivgsxa.ru

Соколов Евгений Александрович, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. К. Беляева (153012, г. Иваново, ул. Советская, 45), Иваново, Россия, доцент

Вклад соавторов:

Егоров Сергей Владимирович – научное руководство, критический анализ материала и формирование выводов, обзор исследований по теме.

Крючкова Елена Николаевна – проведение исследований, критический анализ материалов.

Абалихин Борис Георгиевич – критический анализ материалов, отработка методологии, формирование выводов.

Соколов Евгений Александрович – анализ и интерпретация полученных данных.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Bei-Bienko G. Ya. Key to insects of the European part of the USSR. T. V. Diptera, fleas. Leningrad, Nauka, 1970; 943. (In Russ.)
2. Gadaeva G. A., Safiullin R. T., Kachanova E. O. Efficiency of the drug agit against flies in the mother yard. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of the reports of the scientific conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the Russian Academy of Sciences*. Moscow, 2016; 17: 119-121. (In Russ.)
3. Egorov S. V., Sokolov E. A., Kryuchkova E. N. Fauna, biology of zoophilic and synanthropic flies of the Ivanovo region. *«Agrarnaya nauka v usloviyakh modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii»: materialy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennaya 90-letiyu Ivanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii imeni D. K. Belyayeva "Agrarian science in the conditions of modernization and innovative development of the agro-industrial complex of Russia": materials of reports of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Ivanovo State Agricultural Academy named after D. K. Belyaev*. Ivanovo, 2020; 1: 239-242. (In Russ.)
4. Egorov S. V., Kryuchkova E. N., Sokolov E. A. Experience in the fight against zoophilous flies in cattle breeding farms of the Ivanovo region. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of the reports of the scientific conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the RAS*. Moscow, 2021; 22: 176-181. (In Russ.)
5. Roslavtseva S. A. Synanthropic flies and their control at the present stage. *Pest-Menedzhment = Pest-Management*. 2011; 1: 23-26. (In Russ.)
6. Savelyeva O. A., Ageev I. S., Oleinikova V. A., Safiullin R. T. Quick Byte granules against flies in a pigsty nursery. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of the reports of the scientific conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the RAS*. Moscow, 2016; 17: 399-402. (In Russ.)
7. Sokolov E. A., Petrov Yu. F., Burtseva M. S. Fauna and ecology of zoophilic flies in livestock farms of the Ivanovo region. *«Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: materialy dokladov nauchnoy konferentsii Vserossiyskogo obshchestva gel'mintologov RAN = "Theory and practice of combating parasitic diseases": materials of the reports of the scientific conference of the All-Russian Society of Helminthologists of the RAS*. Moscow, 2012; 13: 401-402. (In Russ.)
8. Shtakelberg A. A. Synanthropic dipterous fauna of the USSR. Moscow, Leningrad, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1956; 164. (In Russ.)

The article was submitted 06.10.2021; accepted for publication 15.01.2022

About the authors:

Egorov Sergey V., Ivanovo State Agricultural Academy named after Academician D. K. Belyaev (45, Sovetskaya st., Ivanovo, 153012), Ivanovo, Russia, Doctor of Biological Sciences, parasitology-isaa@yandex.ru

Kryuchkova Elena N., Ivanovo State Agricultural Academy named after Academician D. K. Belyaev (45, Sovetskaya st., Ivanovo, 153012), Ivanovo, Russia, Doctor of Veterinary Sciences

Abalikhin Boris G., Ivanovo State Agricultural Academy named after Academician D. K. Belyaev (45, Sovetskaya st., Ivanovo, 153012), Ivanovo, Russia, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, abalikhinbg@ivgsxa.ru

Sokolov Evgeny A., Ivanovo State Agricultural Academy named after Academician D. K. Belyaev (45, Sovetskaya st., Ivanovo, 153012), Ivanovo, Russia

Contribution of co-authors:

Egorov Sergey V. – scientific guidance, critical analysis of the material and the formation of conclusions, review of research on the topic.

Kryuchkova Elena N. – conducting research, critical analysis of materials.

Abalikhin Boris G. – critical analysis of materials, development of methodology, formation of conclusions.

Sokolov Evgeny A. – analysis and interpretation of the obtained data.

All authors have read and approved the final manuscript.

Михаил Григорьевич Сафронов,
кавалер Ордена «Отечественной войны» 2 степени,
«Заслуженный ветеринарный врач ЯАССР», д.в.н., профессор

К 105-летнему юбилею профессора Михаила Григорьевича Сафронова – ученого-гельминтолога

Говоря о Михаиле Григорьевиче Сафронове хочется вспомнить слова академика К. И. Скрябина: «Я считаю себя счастливым тогда, когда я способен полноценно, запоем, научно работать, думать, созидать, когда творческая мысль бьет ключом, волнует, рождает новые идеи, касающиеся моей красивой, многогранной гельминтологии…».

Михаил Григорьевич родился 24 ноября 1916 г. в Мальжагарском наслеге Нюрбинского улуса. В 1934 г. окончил 6 классов школы. Окончил Московскую сельскохозяйственную академию им К. А. Тимирязева в 1941 г. и Военно-ветеринарную академию РККА (ныне Военно-ветеринарный институт МО России) в 1942 г. В сентябре 1942 г. был призван в Красную армию; он участник Великой Отечественной и советско-японской войн; окончил войну в звании майора ветеринарной службы. После окончании войны служил до 1950 г. в Военно-ветеринарной академии. Окончил заочно Новосибирский сельскохозяйственный институт (ныне Новосибирский государственный аграрный университет).

Идея создания опытной станции была высказана еще во второй половине XIX века, но практически она осуществилась только 8 апреля 1927 г. Создание сети стационарных научных учреждений необходимо было и для развития сельского хозяйства в Якутии, где без помощи аграрной науки развить сельское хозяйство было невозможно. В 1939 г. на базе опытной станции были организованы Государственная селекционная станция и Республиканская животноводческая опытная станция, на базе которой в 1956 г. был организован Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (ЯНИИСХ).

Михаил Григорьевич в 1950–1958 гг. работал директором научно-исследовательской ветеринарной станции. В 1955 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени канди-

дата ветеринарных наук и был назначен заведующим ветеринарным отделом ЯНИИСХ. В 1960 г. был назначен заместителем директора, а в 1961 г. – директором этого института. В этом же году его назначили первым заместителем Министра сельского хозяйства Якутской АССР. В 1972 г. защитил докторскую диссертацию. В 1986–1988 гг. работал генеральным директором НПО «Якутское», до 1989 г. был директором института, а затем до 1993 г. – главным научным сотрудником отдела ветеринарии, научным консультантом ЯНИИСХ.

Михаил Григорьевич совмещал руководство крупным институтом и научную работу с государственной и общественной деятельностью. Избирался депутатом Верховного Совета Якутской АССР.

У Михаила Григорьевича имеются государственные награды, которые сами говорят о его заслугах; он награжден двумя орденами «Знак почета», орденом «Отечественной войны II степени», медалями «За победу над Японией», «За доблестный труд», «В ознаменовании 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», «За строительство Байкало-Амурской магистрали», «30 лет Советской Армии и Флота», золотой медалью ВДНХ, юбилейными медалями победы ВОВ, Почетными грамотами Якутского обкома КПСС, Верховного Совета ЯАССР. За годы работы директором институт был укомплектован высококвалифицированными научными кадрами. Ему удалось объединить самые разные направления исследования и институт стал одним из ведущих научных учреждений северо-востока страны.

У Михаила Григорьевича Сафронова основным научным направлением была ветеринарная гельминтология; за годы работы возглавлял темы научных исследований отдела по паразитофауне крупного рогатого скота, якутских лошадей, домашних северных оленей, овец и плотоядных животных. Были изучены самые актуальные проблемы краевой эпизоотологии, вопросы профилактики и борьбы с диктиокаулезом и тениаринхозом крупного рогатого скота, параскаридозом лошадей табунного содержания, также особо опасными зоонозами – эхинококкозом и альвеококкозом. Под руководством Михаила Григорьевича были разработано научно-теоретическое обоснование противогельминтозных мероприятий в животноводстве Якутии. Михаилом Григорьевичем опубликовано более 180 научных работ по гельминтологии и по вопросам сельскохозяйственной науки в Якутии, он соавтор раздела «Сельское хозяйство» в «Энциклопедии Якутии» (2007).

Михаил Григорьевич вел преподавательскую работу в сельскохозяйственном факультете Якутского государственного университета, Якутском сельскохозяйственном институте. Организованная в 1999 г. Малая сельскохозяйственная академия ЯНИИСХ проводит научно-практическую конференцию «Сафроновские чтения». Конференция является результатом взаимодействия научных и образовательных учреждений, ученых, педагогов, аспирантов, студентов и учащихся Республики Саха (Якутия) и разных регионов России.

Михаил Григорьевич организовал лабораторию гельминтологии, и мы, его ученики, продолжаем научную школу М. Г. Сафронова, развивая направления научных исследований, которые были им заложены.

Л. М. Коколова и коллектив
Якутского научно-исследовательского
института сельского хозяйства