УДК 638.15-07 DOI: 10.31857/S2500208225010192, EDN: CRJMAW

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАХЕАЛЬНОГО КЛЕЩА *ACARAPIS WOODI* – ВОЗБУДИТЕЛЯ АКАРАПИДОЗА МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ*

Виктория Владимировна Столбова, ***младший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-7373-6989***
Анастасия Дмитриевна Мельничук, ***младший научный сотрудник***
Зимфира Якубовна Зинатуллина, ***кандидат биологических наук, научный сотрудник***
Ксения Сергеевна Крестоношина, ***заведующая лабораторией***
Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии-филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия
E-mail: victorysva@mail.ru

Аннотация. *Акарапидоз – инвазионное заболевание взрослых медоносных пчел Apis mellifera, возбудитель которого паразитический клещ Acarapis woodi (сем. Tarsonemidae). При высоком уровне заражения паразитизм клещей приводит к истощению гемолимфы пчел, механической обструкции дыхательных путей, утрате способности к полету и гибели пчелиной семьи. Для течения акарапидоза характерно наличие продолжительного скрытого периода, когда клинические признаки заболевания отсутствуют. Небольшой размер клещей A. woodi в совокупности с местом их локализации (трахеи и воздушные мешки пчел) не позволяет провести диагностику заболевания в полевых условиях. В России действуют методические указания по диагностике акарапидоза в лабораториях. Но с момента их утверждения (2002) были разработаны и усовершенствованы многие другие методы. Цель работы – обзор современных методов диагностики акарапидоза медоносных пчел. Проанализированы все актуальные публикации и нормативно-правовые акты по теме исследования. Обобщены данные об имеющихся на сегодняшний день методах диагностики акарапидоза, выявлены сильные и слабые стороны каждого. Из морфологических наиболее результативный – метод индивидуального исследования грудных трахей, с его помощью можно выявить наличие заболевания на раннем этапе, определить количество зараженных пчел и степень их поражения, а также дифференцировать живых и мертвых клещей A. woodi, что особенно важно при оценке эффективности лечебных мероприятий. Недостаток метода – трудоемкость. Серологические методы, разработанные для оптимизации временных затрат, уступают в чувствительности и/или специфичности. Наиболее эффективные – видоспецифичные методы молекулярной диагностики, что подтверждается результатами сравнительных исследований.*
Ключевые слова: *Acarapis woodi, Apis mellifera, акарапидоз, диагностика, инвазия, пчеловодство*

MODERN METHODS OF IDENTIFICATION OF THE TRACHEAL MITE *ACARAPIS WOODI* – THE CAUSATIVE AGENT OF ACARAPIDOSIS IN HONEY BEES

V.V. Stolbova, ***Junior Researcher***
A.D. Melnichuk, ***Junior Researcher***
Z.Ya. Zinatullina, ***PhD in Biological Sciences, Researcher***
K.S. Krestonoshina, ***Head of Laboratory***
All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Instution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia
E-mail: victorysva@mail.ru

Abstract. *Acarapisosis is an invasive disease of adult honey bees Apis mellifera, caused by the parasitic mite Acarapis woodi. At a high level of infestation, mite parasitism leads to depletion of the bees' hemolymph, loss of the ability to fly, and ultimately leads to the death of the bee colony. The small size of mites, combined with their location, does not allow diagnosing the disease in the field research. Guidelines for diagnosing acarapisosis have been developed for diagnostic laboratories in Russia and are currently in force. However, since their approval (2002), many other research methods have been developed and improved. The purpose of this study is to review modern methods for diagnosing acarapisosis in bees. Methods. All relevant publications and regulatory legal acts on the topic of the study were analyzed. Scientific novelty. As a result of the study, data on all diseases to date in the methods of diagnosing acarapisosis were summarized. The strengths and weaknesses of each method were identified. Results. Of the morphological diagnostic methods, the most effective are the method of individual examination of the thoracic trachea. This method makes it possible to differentiate between living and dead A. woodi mites. The disadvantage of the method is its labor intensity, which negatively affects the quality of subsequent routine studies. Serological diagnostic methods, developed to optimize time costs, do not demonstrate a sufficient degree of sensitivity and/or specificity. Species-specific molecular diagnostic methods are considered the most effective today, which is confirmed by the results of comparative research.*
Keywords: *Acarapis woodi, Apis mellifera, acarapisosis, diagnosis, invasion, beekeeping*

Акарапидоз – инвазионное заболевание медоносных пчел, возбудитель которого клещ *Acarapis woodi* (сем. *Tarsonemidae*) – облигатный паразит дыхательной системы. *A. woodi* паразитирует в трахеях и связанных с ними воздушных мешках. Клещи имеют грушевидное тело белого цвета, самки длиной 120...190 мкм и шири-

* Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда (проект № 24-26-00065) / The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project No. 24-26-00065).

ной 77...80 мкм, самцы – 125...136 и 60...77 мкм соответственно. [17]

Все стадии развития *A. woodi* (яйца, личинки, нимфы, взрослые особи) локализуются в трахеях пчел. Клещи прокалывают их стенки для питания гемолимфой. Паразитирование *A. woodi* приводит к ослаблению организма пчелы, истощению питательных и иммунных резервов. Клещи также могут быть переносчиками бактерий и вирусов, и через гемолимфу заражать ими пчел. В местах прокола клещами стенок трахей пчел вырабатывается меланин, трахеи приобретают темно-коричневый цвет, становятся хрупкими и хуже выполняют дыхательную функцию. При активном размножении клещи могут полностью закупоривать просветы трахей. На короткий период взрослые самки покидают трахеи через дыхальца для расселения, новыми хозяевами чаще становятся рабочие пчелы старшего возраста и трутни. Короткий цикл развития клещей *A. woodi* (самцы – 11...13 дн., самки – 14...16 дн.) способствует быстрому распространению паразита на пасеке, в результате даже самая легкая форма заболевания через некоторое время приводит к ослаблению или гибели семьи. [11, 17]

A. woodi впервые обнаружен в 1920 году и распространен в большинстве регионов, где практикуется пчеловодство, за исключением Скандинавских стран, Австралии и Новой Зеландии. [5, 6, 9, 16] На территории России акарапидоз впервые зарегистрирован в 1926 году и наблюдается на территории 39 субъектов РФ. [18]

С 1964 года фокус внимания научного сообщества сместился в сторону другой клещевой инвазии медоносных пчел (варроатоз), поэтому реальная оценка распространения акарапидоза на территории России затруднена. [7] В то же время, акарапидоз входит в список карантинных заболеваний как опасное, которое может привести к массовой гибели пчелиных семей. [16] Ученые рассматривают акарапидоз, как возможную причину наблюдающегося в настоящее время массового вымирания пчел. [10] Актуально исследование этого заболевания и выявление новых, более точных методов диагностики паразита.

Цель работы – обзор современных методов диагностики акарапидоза медоносных пчел.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ научных публикаций отечественных и зарубежных авторов в области изучения клещей – паразитов пчел, методические указания и нормативно-правовые акты по диагностике и контролю инвазионных заболеваний пчел. Сделан обзор основных трудов по клещам *Acarapis woodi*. Использованы собственные данные по диагностике акарапидоза в семьях пчел на территории Западной Сибири.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В отличие от других паразитических клещей пчел (*Varroa destructor* и *Tropilaelaps* spp.) *A. woodi* – эндопаразит и имеет меньшие размеры тела в 12...13 раз (см. рисунок). [11] Его невозможно обнаружить невооруженным глазом, для диагностики акарапидоза необходимы навыки и специальное оборудование. У заболевания нет ни одного специфического клинического признака.

Помимо *A. woodi* известны два других представителя рода *Acarapis* – *dorsalis* и *externus*, которые паразитируют на поверхности тела пчел и вызывают экзоакарапидоз. [17, 18] В сравнении с акарапидозом, данное заболевание в меньшей степени влияет на жизнеспособность пчелиных семей. Но в связи с тем, что *A. woodi, A. dorsalis* и *A. externus* имеют схожие размеры тела и морфологически незначительно различаются, существует вероятность постановки ошибочного диагноза.

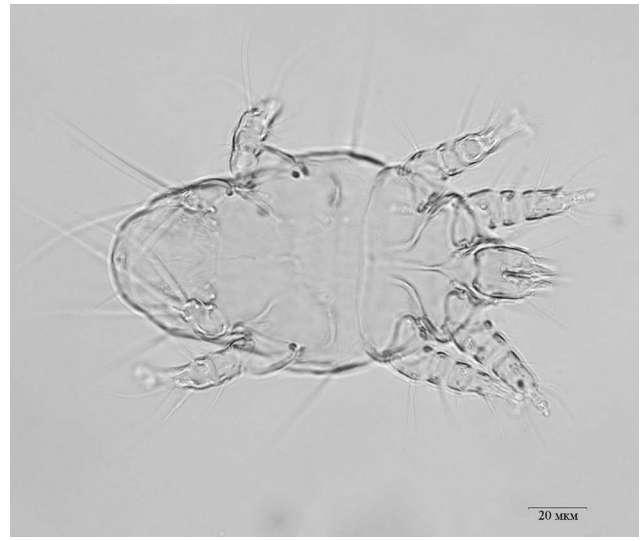
Все существующие методы диагностики акарапидоза можно разделить на три основные группы: морфологические, серологические, молекулярные.

Морфологические методы. Для диагностических лабораторий в России разработаны указания, согласно которым рекомендовано три морфологических метода (индивидуальные исследования грудных трахей, гомогенизация материала, компрессорный).

Профилактическое обследование на акарапидоз рекомендуется проводить зимой или ранней весной, когда популяция *A. woodi* в семьях пчел максимальна. При наличии совокупности неспецифических признаков (опоношивание, деформация задних крыльев, появление большого количества ползающих пчел) необходимо незамедлительное обследование неблагополучных семей.

Метод индивидуального исследования грудных трахей медоносных пчел был предложен в 1927 году и в дальнейшем модифицирован. [20] От каждой семьи отбирают пробу в количестве не менее 50 живых пчел, либо из свежего подмора, использование старого не рекомендуется, так как это затрудняет проведение исследования и снижает его достоверность. Способ индивидуального вскрытия имеет несколько вариаций.

Метод выделения трахей предложен в 1948 году. Пчелу размещают под бинокулярным микроскопом брюшком вверх. Сначала скальпелем или лезвием отделяют голову и переднюю пару ног, затем пинцетом удаляют кольцо переднегрудного склерита. В результате становится видна самая крупная первая пара грудных трахей. Их извлекают, помещают на предметное стекло и просматривают под микроскопом. [17] Для определения жизнеспособности клещей можно до-



Возбудитель акарапидоза *Acarapis woodi* с пасеки Алтайского края (фото В.В. Столбовой).

бавить каплю тиазолилового синего тетразолия (5 мг красителя в 5 мл дистиллированной воды), кутикула живых клещей окрашивается в фиолетовый цвет, мертвые клещи становятся зеленовато-желтыми. Эта методика полезна при исследованиях эффективности применения акарицидных препаратов.

Метод торакального диска (thoracic disc method, TDM). Пчелу размещают спинкой вниз и фиксируют пинцетом. Одним поперечным разрезом за передней парой ног отделяют голову, вторым разрезом перед средней парой ног и передними крыльями – заднюю часть тела. Для облегчения разрезов пчел можно предварительно заморозить на 24 ч. Полученный сегмент груди толщиной 1...1,5 мм, содержащий первую пару дыхалец и грудных трахей, помещают в 8...10%-й раствор щелочи (KOH или NaOH), нагревают в течение 20 мин. и оставляют в растворе на одну ночь для разрушения мышечной ткани. После сегмент промывают и осматривают под микроскопом, используя увеличение ×8–20. Для контрастирования сегменты можно выдержать в дистиллированной воде, содержащей несколько капель 1% раствора метиленового синего. При положительном диагнозе через просветленные стенки трахей видны овальные тела клещей *A. woodi*, дополнительный признак – наличие на стенках трахей желтых, коричневых и черных пятен. [20]

Преимущество метода индивидуального вскрытия грудных трахей в возможности получить достоверные результаты о количестве зараженных пчел и степени их поражения. Применение метода торакального диска позволяет одновременно обнаружить клещей *A. woodi* у основания крыльев. Недостаток метода – трудоемкость. Он занимает долгое время, требует определенных навыков, опыта и концентрации внимания. В Новой Зеландии, где акарапидоз пока не зарегистрирован и подобные исследования – необходимая превентивная мера, один специалист может осмотреть всего около 350 пчел в день, то есть 7 проб. В час возможно осмотреть трахеи 140...160 пчел. При низкой степени инвазии и малом количестве клещей их можно не заметить. Кроме того, нельзя использовать высохший подмор. Но существуют способы выдерживания высохших пчел в 10%-м водном растворе едкого калия в течение 10...12 ч или в смеси воды и спирта (4:1) 24 ч. [6]

Метод гомогенизации материала разработан в 1979 году. [17] При массовом обследовании пчел на пораженность *A. woodi* проба должна содержать около 200 экз. из семьи. У них удаляют голову, крылья, брюшко и ноги. Грудные сегменты помещают в стакан объемом 100 мл и заливают 25 мл дистиллированной воды. Гомогенизацию производят при 10000 об./мин. три раза по несколько секунд. Суспензию фильтруют через сито с отверстием 0,8 мм. К фильтрату добавляют воду, доводя объем до 50 мл и центрифугируют 5 мин. при 1500 об./мин. Надосадочную жидкость сливают, к осадку добавляют несколько капель молочной кислоты для мацерации и осветления и через 10 мин. микроскопируют. [20] Метод позволяет за короткое время исследовать 100...200 пчел. В случае обнаружения клещей необходимо установить их видовую принадлежность, так как в области грудки могут находиться и наружные клещи рода *Acarapis*, а также другие сходного размера, например, астигматические. При данном методе сложно оценить степень распространения заболевания внутри семьи.

Существует методика В.И. Полтева 1939 года, усовершенствованная Е.И. Скрыпник в 1972 году. У 50 пчел удаляют голову, крылья, брюшко и ноги. Грудки заливают 8...10%-м раствором KOH или NaOH, выдерживают в течение суток, промывают водопроводной водой и помещают на фильтровальную бумагу. Затем содержимое выдавливают на клетки компрессория, скальпелем отделяя остатки трахей. После заправки компрессория его свинчивают и просматривают под микроскопом. Для изучения одной пробы пчел необходимо просмотреть два компрессория. Недостаток метода – потеря трахей у части пчел.

Серологические методы. Метод иммуноферментного анализа (ELISA). В 1987 году разработана диагностическая иммунная сыворотка для обнаружения заражения трахей *A. Woodi*, в 1989 его усовершенствовали. Несмотря на то, что тест-система достаточно чувствительна к низким уровням заражения *A. woodi*, она была низкоспецифичной и давала перекрестную реакцию с другими белками гемолимфы и мышц медоносных пчел. [17]

Другой практический иммуноферментный анализ был предложен в 1993 году. Результаты исследования продемонстрировали высокую чувствительность и хорошую корреляцию с методом индивидуального вскрытия в случае степени инвазии более 5% на 100 пчел. Метод позволяет диагностировать большее количество материала со снижением трудозатрат, необходимых для индивидуального исследования, в 10 раз. [17]

Серологический энзимо-иммуносорбентный метод основан на визуализации гуанина (2-амино-6-оксипурина), конечного продукта азотистого обмена у клещей и многих других паукообразных. В выделениях медоносных пчел гуанин практически отсутствует. Предварительно выделенные трахеи пчел гомогенизируют, экстракт центрифугируют, надосадочную жидкость наносят на пластины тонкослойной хроматографии (ТСХ). Пятна гуанина при этом визуализируются в УФ-свете. Данный метод использовать не рекомендуется, так как требуется много времени на выделение торакальных сегментов, а чувствительность теста аналогична существующей методике индивидуального исследования трахей. При невысоком уровне заражения и низкой концентрации гуанина в образцах можно получить ложноотрицательный результат.

Молекулярные методы активно применяются для более точной и быстрой идентификации *A. woodi*. Например, для определения видов рода *Acarapis* исследователи часто используют субъединицу I цитохромоксидазы митохондриального гена (COI). [19] При амплификации COI *A. woodi* также получаются схожие фрагменты COI *A. dorsalis* и *A. externus*, которые трудно различить между собой методом гель-электрофореза. Поэтому позже были разработаны протоколы ПЦР с использованием специфичных праймеров для каждого вида. [4, 8, 12] С помощью секвенирования COI можно с высокой точностью определить вид *Acarapis* и провести филогенетический анализ.

Результаты сравнительных исследований демонстрируют большую диагностическую чувствительность молекулярных методов, чем морфологических. При изучении пчел из стран Южной Америки три образца, отрицательных по морфологическому анализу, были по-

ложительны на *A. woodi* по результатам RT-qPCR. [14] При исследовании зараженности пчелиных семей клещами рода *Acarapis* на корейских пасеках по данным ПЦР-анализа была установлена 42,4% зараженность (32 – *A. dorsalis*, 9 – *A. externus* и 1 – *A. woodi*). Однако морфологически ни один из клещей не был обнаружен. Авторы связывают это с применением акарицидов, так как могли остаться только части клещей, которые не удалось обнаружить визуально. [2] При микроскопическом анализе семей медоносных пчел, собранных в различных регионах Турции с 2018 по 2019 год, *A. woodi* обнаружено не было. Но применение молекулярных методов (амплификация, секвенирование COI) выявило наличие *A. woodi* на нескольких пасеках. [3]

Перспективное направление – разработка быстрых неинвазивных методов доклинических исследований заболеваний пчел с помощью ПЦР-диагностики и экологической ДНК. В одной из работ проверили наличие ДНК 9 организмов-возбудителей заболеваний пчел, в том числе трех видов клещей (*A. woodi*, *Varroa destructor*, *Tropilaelaps* spp.). Из 102 образцов меда, полученных из 17 стран всех континентов, ДНК *V. destructor* была выделена в 100% случаев. Но *A. woodi* не выявлен ни в одном образце. Авторы отмечают неожиданный результат в отношении данного распространенного по всему миру паразита и указывают на необходимость дальнейших исследований в этой области. [15] С помощью молекулярных методов *A. woodi* можно обнаружить не только непосредственно у пчел, но и в образцах остатков улья. При исследовании real-time PCR 113 COI образцов мусора из ульев, в одном из них была обнаружена 100% идентичная последовательность, соответствующая *A. woodi*. [13] Этот неинвазивный способ применим для быстрого скрининга пчелиных семей, при обнаружении паразита необходимы уточняющие морфологические методы.

Выводы. Для диагностики акарапидоза эффективно использование методов ПЦР и индивидуального вскрытия. Разработанные серологические методы диагностики уступают в чувствительности/специфичности, а также требуют неоправданных временных затрат. Совершенствование методов молекулярной диагностики позволяет проводить быстрые и достоверные видоспецифические исследования большого объема материала. Это действенно как для профилактического скрининга пасек в ранневесенний период, так и для уточняющего изучения в случае наблюдаемых клинических признаков заболеваний пчел (опоношивание гнезд, деформация крыльев, утрата способности к полету, ослабление, слет и гибель семей). Методами ПЦР-диагностики можно установить наличие возбудителя заболевания на раннем этапе, когда при индивидуальном вскрытии трахеи еще не затемненные и единичных клещей можно не заметить. Методы индивидуального вскрытия незаменимы для количественной оценки уровня зараженности отдельных пчел и пчелиных семей, а также контроля эффективности проводимых акарицидных обработок. Согласно действующим международным стандартам выявления акарапидоза, положительные результаты ПЦР-диагностики требуют подтверждения микроскопией. Таким образом, лучшим вариантом для обнаружения акарапидоза будет сочетание морфологических и молекулярных методов исследования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калашникова М.В., Пашаян С.А., Сидорова К.А. Морфология, биология и экология клещей Acarapis woodi (Rennie, 1921) (обзор литературы) // АПК: инновационные технологии. 2024. № 1. С. 35–44.
2. Ahn A.J., Ahn K.S., Noh J.H. et al. Molecular prevalence of Acarapis mite infestations in honey bees in Korea // Korean J Parasitol. 2015. Vol. 53. No. 3. PP. 315–320. https://doi.org/10.3347/kjp. 2015.53.3.315
3. Akpınar R.K., Sevim A., Sevim E. et al. PCR-based detection of the honeybee tracheal mite (Acarapis woodi) in Türkiye // Parasitology Research. 2023. Vol. 122. No. 7. PP. 1663–1670. https://doi.org/10.1007/s00436-023-07871-x
4. Cepero A., Martín-Hernández R., Prieto L. et al. Is Acarapis woodi a single species? A new PCR protocol to evaluate its prevalence // Parasitology Research. 2015. No. 114. PP. 651–658. https://doi.org/10.1007/s00436-014-4229-6
5. Chantawannakul P., de Guzman L., Li J., Williams G.R. Parasites, pathogens, and pests of honeybees in Asia // Apidologie. 2016. Vol. 47. No. 3. PP. 301–324. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0407-5
6. Delmiglio C., Fan Q.H., George Sh. et al. Development and evaluation of a real-time PCR assay for the detection of Acarapis woodi (tracheal mites) in Apis mellifera // Apidologie. 2016. No. 47. PP. 691–702. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0420-8
7. Durán N., Henríquez-Piskulich P., Aldea P. Prevalence of tracheal mites Acarapis woodi (Rennie) in Chile // Ciencia e investigación agraria. 2019. Vol. 46. No. 3. PP. 295–301.
8. Kojima Yu., Yoshiyama M., Kimura K., Kadowaki T. PCR-based detection of a tracheal mite of the honey bee Acarapis woodi // Journal of Invertebrate Pathology. 2011. Vol. 108. No. 2. PP. 135–137. https://doi.org/10.1016/j.jip. 2011.07.009
9. Maeda T., Sakamoto Y. Range expansion of the tracheal mite Acarapis woodi (Acari: Tarsonemidae) among Japanese honey bee, Apis cerana japonica, in Japan // Experimental and Applied Acarology. 2020. Vol. 80. No. 4. PP. 477–490. https://doi.org/10.1007/s10493-020-00482-6
10. Nikita, Grover A., Kalia P. et al. Colony collapse disorder: A peril to apiculture // Journal of Applied and Natural Science. 2022. Vol. 14. No. 3. PP. 729–739. https://doi.org/10.31018/jans.v14i3.3502
11. Pedro Enrique de la Torre P. Datos morfométricos de Acarapis woodi (Rennie) (Acari: Tarsonemidae) colectados en Mayabeque, Cuba // Revista Ibérica de Aracnología. 2022. No. 41. PP. 158–162.
12. Peixoto C., Correia-Oliveira M., de Carvalho C. Current status of Acarapis woodi mite infestation in africanized honey bee Apis mellifera in Brazil // Florida Entomologist. 2019. Vol. 102. No. 4. PP. 775–777. https://doi.org/10.1653/024.102.0416
13. Pietropaoli M., Tofani S., Formato G., Rubino R.C. Molecular detection of Acarapis woodi using hive debris as innovative and non-invasive matrix // Applied Sciences. 2022. No. 12. PP. 2837. https://doi.org/10.3390/app12062837
14. Quintana S., Szawarski N., Sarlo G. et al. Comparison of qPCR and morphological methods for detection of Acarapis woodi in honey bee samples // Journal of Apicultural Science. 2019. Vol. 63. No. 1. PP. 125–129. https://doi.org/10.2478/JAS-2019-0011
15. Ribani A., Utzeri V.J., Taurisano V., Fontanesi L. Honey as a source of environmental DNA for the detection and monitoring of honey bee pathogens and parasites // Veterinary Sciences. 2020. Vol. 7. No. 3. PP. 113. https://doi.org/10.3390/vetsci7030113

16. Sakamoto Y., Maeda T., Yoshiyama M. et al. Differential autogrooming response to the tracheal mite Acarapis woodi by the honey bees Apis cerana and Apis mellifera // Insectes Sociaux. 2020. No. 67. PP. 95–102. https://doi.org/10.1007/s00040-019-00732-w
17. Sammataro D., George Sh., Ochoa R., Otis G. Standard methods for tracheal mite research // Journal of Apicultural Research. 2013. Vol. 52. No. 4. PP. 1–20. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.20
18. Stolbova V.V. Current state of Acarapis Hirst mites (Acariformes, Tarsonemidae) distribution and honeybees infestation in Russia // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Vol. 11. No. 1. PP. 291–298. https://doi.org/10.15421/2021_44
19. Takashima Sh., Ohari Yu., Itagaki T. The prevalence and molecular characterization of Acarapis woodi and Varroa destructor mites in honeybees in the Tohoku region of Japan // Parasitology International. 2020. No. 75. PP. 102052. https://doi.org/10.1016/j.parint.2020.102052
20. World Organisation for Animal Health (WOAH). Acarapisosis of honey bees (infestation of honey bees with Acarapis woodi) 2022. [Электронный ресурс]. URL: https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.02.01_ACARAPISOSIS.pdf (дата обращения: 12.11.2024).

REFERENCES

1. Kalashnikova M.V., Pashayan S.A., Sidorova K.A. Morfologiya, biologiya i ekologiya kleshchej Acarapis woodi (Rennie, 1921) (obzor literatury) // APK: innovacionnye tekhnologii. 2024. № 1. S. 35–44.
2. Ahn A.J., Ahn K.S., Noh J.H. et al. Molecular prevalence of Acarapis mite infestations in honey bees in Korea // Korean J Parasitol. 2015. Vol. 53. No. 3. PP. 315–320. https://doi.org/10.3347/kjp. 2015.53.3.315
3. Akpınar R.K., Sevim A., Sevim E. et al. PCR-based detection of the honeybee tracheal mite (Acarapis woodi) in Türkiye // Parasitology Research. 2023. Vol. 122. No. 7. PP. 1663–1670. https://doi.org/10.1007/s00436-023-07871-x
4. Cepero A., Martín-Hernández R., Prieto L. et al. Is Acarapis woodi a single species? A new PCR protocol to evaluate its prevalence // Parasitology Research. 2015. No. 114. PP. 651–658. https://doi.org/10.1007/s00436-014-4229-6
5. Chantawannakul P., de Guzman L., Li J., Williams G.R. Parasites, pathogens, and pests of honeybees in Asia // Apidologie. 2016. Vol. 47. No. 3. PP. 301–324. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0407-5
6. Delmiglio C., Fan Q.H., George Sh. et al. Development and evaluation of a real-time PCR assay for the detection of Acarapis woodi (tracheal mites) in Apis mellifera // Apidologie. 2016. No. 47. PP. 691–702. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0420-8
7. Durán N., Henríquez-Piskulich P., Aldea P. Prevalence of tracheal mites Acarapis woodi (Rennie) in Chile // Ciencia e investigación agraria. 2019. Vol. 46. No. 3. PP. 295–301.
8. Kojima Yu., Yoshiyama M., Kimura K., Kadowaki T. PCR-based detection of a tracheal mite of the honey bee Acarapis woodi // Journal of Invertebrate Pathology. 2011. Vol. 108. No. 2. PP. 135–137. https://doi.org/10.1016/j.jip. 2011.07.009
9. Maeda T., Sakamoto Y. Range expansion of the tracheal mite Acarapis woodi (Acari: Tarsonemidae) among Japanese honey bee, Apis cerana japonica, in Japan // Experimental and Applied Acarology. 2020. Vol. 80. No. 4. PP. 477–490. https://doi.org/10.1007/s10493-020-00482-6
10. Nikita, Grover A., Kalia P. et al. Colony collapse disorder: A peril to apiculture // Journal of Applied and Natural Science. 2022. Vol. 14. No. 3. PP. 729–739. https://doi.org/10.31018/jans.v14i3.3502
11. Pedro Enrique de la Torre P. Datos morfométricos de Acarapis woodi (Rennie) (Acari: Tarsonemidae) colectados en Mayabeque, Cuba // Revista Ibérica de Aracnología. 2022. No. 41. PP. 158–162.
12. Peixoto C., Correia-Oliveira M., de Carvalho C. Current status of Acarapis woodi mite infestation in africanized honey bee Apis mellifera in Brazil // Florida Entomologist. 2019. Vol. 102. No. 4. PP. 775–777. https://doi.org/10.1653/024.102.0416
13. Pietropaoli M., Tofani S., Formato G., Rubino R.C. Molecular detection of Acarapis woodi using hive debris as innovative and non-invasive matrix // Applied Sciences. 2022. No. 12. PP. 2837. https://doi.org/10.3390/app12062837
14. Quintana S., Szawarski N., Sarlo G. et al. Comparison of qPCR and morphological methods for detection of Acarapis woodi in honey bee samples // Journal of Apicultural Science. 2019. Vol. 63. No. 1. PP. 125–129. https://doi.org/10.2478/JAS-2019-0011
15. Ribani A., Utzeri V.J., Taurisano V., Fontanesi L. Honey as a source of environmental DNA for the detection and monitoring of honey bee pathogens and parasites // Veterinary Sciences. 2020. Vol. 7. No. 3. PP. 113. https://doi.org/10.3390/vetsci7030113
16. Sakamoto Y., Maeda T., Yoshiyama M. et al. Differential autogrooming response to the tracheal mite Acarapis woodi by the honey bees Apis cerana and Apis mellifera // Insectes Sociaux. 2020. No. 67. PP. 95–102. https://doi.org/10.1007/s00040-019-00732-w
17. Sammataro D., George Sh., Ochoa R., Otis G. Standard methods for tracheal mite research // Journal of Apicultural Research. 2013. Vol. 52. No. 4. PP. 1–20. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.20
18. Stolbova V.V. Current state of Acarapis Hirst mites (Acariformes, Tarsonemidae) distribution and honeybees infestation in Russia // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Vol. 11. No. 1. PP. 291–298. https://doi.org/10.15421/2021_44
19. Takashima Sh., Ohari Yu., Itagaki T. The prevalence and molecular characterization of Acarapis woodi and Varroa destructor mites in honeybees in the Tohoku region of Japan // Parasitology International. 2020. No. 75. PP. 102052. https://doi.org/10.1016/j.parint.2020.102052
20. World Organisation for Animal Health (WOAH). Acarapisosis of honey bees (infestation of honey bees with Acarapis woodi) 2022. [Электронный ресурс]. URL: https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.02.01_ACARAPISOSIS.pdf (дата обращения: 12.11.2024).

Поступила в редакцию 13.11.2024
Принята к публикации 27.11.2024