



**ФГБНУ «ФНЦ ПЧЕЛОВОДСТВА»**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ПЧЕЛОВОДСТВО И АПИТЕРАПИЯ:  
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ,  
ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ»**

Рыбное – 2024

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПЧЕЛОВОДСТВА»**

**ПЧЕЛОВОДСТВО И АПИТЕРАПИЯ:  
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ,  
ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ**

**Рыбное - 2024**

**Ministry of Science and Higher Education  
Russian Federation  
Federal State Budgetary Scientific Institution  
«Federal Beekeeping Research Centre»**

**BEEKEEPING AND APITHERAPY:  
CURRENT ISSUES,  
ACHIEVEMENTS AND INNOVATIONS**

**Rybnoe – 2024**

**УДК 638.1**

**ББК 46.91**

**Пчеловодство и апитерапия: актуальные вопросы, достижения и инновации** / Материалы Международной научно-практической конференции 15-16 декабря 2023 г., г.Рыбное / под ред. А.И. Шестаковой, А.П. Савина, Л.Н. Савушкиной, Н.В. Будниковой, И.Н. Колчаевой. – Рыбное: ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», 2024. – 302 с.

В сборнике представлены результаты научных исследований сотрудников вузов и научных учреждений России, занимающихся разработкой методов селекционного улучшения пород пчел, высокотехнологических способов содержания пчелиных семей, перспективных технологий возделывания медоносных культур, современных приемов получения пчеловодческой продукции органического происхождения, теоретических и научно-практических основ применения продуктов пчеловодства в апитерапии и здоровом питании человека.

Предназначен для преподавателей, студентов, научных работников, специалистов в качестве учебно-методического пособия, научно-практического руководства и справочника в области пчеловодства.

ISBN 978-5-900205-75-5



© Коллектив авторов, 2024

© ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», 2024

**UDC 638.1**

**BBK 46.91**

**Beekeeping and apitherapy: topical issues, achievements and innovations**

/ Materials of the International Scientific and Practical Conference on December 15-16, 2023, Rybnoye / edited by A.I. Shestakova, A.P. Savin, L.N.Savushkina, N.V. Budnikova, I.N. Kolchaeva. – Rybnoe: FSBSI "FBRC", 2024. – 302 p.

The collection presents the results of scientific research by employees of universities and scientific institutions of Russia engaged in the development of methods of selective improvement of bee breeds, high-tech methods of keeping bee colonies, promising technologies for cultivating honey crops, modern methods for obtaining bee products of organic origin, theoretical and scientific-practical bases for the use of bee products in apitherapy and healthy human nutrition.

It is intended for teachers, students, researchers, specialists as an educational and methodological guide, scientific and practical guide and reference book in the field of beekeeping.

ISBN 978-5-900205-75-5



© Team of authors, 2024

© FSBSI «Federal Beekeeping Research Centre», 2024

УДК 638.15:638.1

## МИКРОСПОРИДИИ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ИНФЕКЦИЯМИ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ

М.Н. Мукминов<sup>1,2</sup>, Э. А. Шуралев<sup>1,2,3</sup>, Г.Г. Казарян<sup>2</sup>, Н. Д. Шамаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Республика Татарстан, Россия

<sup>2</sup> Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань, Республика Татарстан, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана», г. Казань, Республика Татарстан, Россия

E-mail: [nikolai.shamaev94@mail.ru](mailto:nikolai.shamaev94@mail.ru)

**Аннотация.** Микроспоридии относят к группе спорообразующих внутриклеточных эукариотических микроорганизмов, способных заразить различные позвоночные и беспозвоночные организмы. Заражение таких насекомых как медоносная пчела *Apis mellifera*, потенциально снижает урожайность энтомофильных сельскохозяйственных культур, имеющих экологическое значение в природопользовании. У медоносной пчелы, обитающей на территории Российской Федерации, зафиксированы микроспоридиозы, вызванные родом *Nosema*. В этой статье собрана опубликованная инцидентность заболеваний нозематозом по регионам и представлены потенциальные геномные локусы для изучения работы врожденного иммунного ответа медоносной пчелы.

**Abstract.** Microsporidians belong to the group of spore-forming intracellular eukaryotic microorganisms that can infect various vertebrate and invertebrate organisms. Infestation of insects such as the honey bee *Apis mellifera* potentially reduces the yield of entomophilous crops that are of ecological importance in environmental management. Microsporidiosis caused by the genus *Nosema* has been recorded in honey bees living in the Russian Federation. This article compiles the published incidence of nosematosis disease by region and presents potential genomic loci to assess the innate immune response of the honey bee.

**Ключевые слова:** медоносная пчела, микроспоридиозы, геномные локусы, врожденный иммунный ответ.

**Key words:** honey bee, microsporidiosis, genomic loci, innate immune response.

Исследования по изучению видового состава микроспоридий, паразитирующих в «диких» животных, часто представленных опасными для человека видами (наземные и водные членистоногие, кровососущие насекомые, трематоды, цестоды), их взаимоотношения с животными-хозяевами в нашей стране началось в 1961 году во Всероссийском институте защиты растений (ВИЗР). Исследования проводились на двух видах внутриклеточных паразитах, заражающих полезных насекомых (например, медоносная пчела *Apis mellifera*): *Nosema*

*(Vairimorpha) apis*, вызывающим гибель медоносных пчел, и *Nosema bombycis*, являющимся основной причиной гибели гусениц тутового шелкопряда при его разведении [1]. Внимание специалистов к изучению этих видов микроспоридий было привлечено значительными материальными потерями в пчеловодстве и шелководстве. Основные исследования были направлены на: разработку методов быстрого выявления микроспоридиозов в популяциях насекомых; ограничение случаев заражения; ликвидации последствий заражения; разработку различных способов борьбы с паразитами. Все учеты велись путем подсчета споровой нагрузки паразитов с помощью световой микроскопии, при этом иммунный ответ насекомых особо не изучался. Когда учеными были обнаружены микроспоридии, паразитирующие в организме членистоногих-вредителей – ситуация изменилась. Борьба с такими членистоногими включала в себя использование биологических препаратов, полученных из микроспоридий. Именно тогда микроспоридии, как перспективные агенты или как продуценты для борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства или с насекомыми-переносчиками возбудителей опасных заболеваний человека или животных, получили серьезное медицинское, ветеринарное и экологическое значения [2].

Ежегодно отдельными исследователями изучается ситуация по микроспоридиозам как среди хозяйственно важных насекомых, так и насекомых вредителей. В таблице 1 приведен анализ опубликованных данных по внутриклеточным паразитам *Nosema apis* и *Nosema ceranae*, заражающих таких полезных насекомых как медоносная пчела [3–6].

Таблица 1 – Распространение *Nosema apis* и *Nosema ceranae* на пасеках в разных областях РФ

Область/край	Nosema			Количество исследованных\зараженных пчел
	apis, %	ceranae, %	N. apis + ceranae, %	
1	2	3	4	5
Краснодарский край	10 (39 пчел)	30 (115 пчел)	60 (231 пчелы)	423 пчелы – из них заражены 91% – 385 пчел)
Тюменская область	21 (50 пчел)	23 (55 пчел)	–	241 пчелы – из них заражены 43,6% – 105 пчел

1	2	3	4	5
Ленинградская область	30,5 (22 пчелы)	19,4 (14 пчел)	-	72 пчелы – из них заражены 50% – 36 пчел)
Новгородская область	61,3 (19 пчел)	0	-	31 пчелы – из них заражены 61,3% – 19 пчел
Псковская область	0	0	-	3 пчелы
Тверская область	0	33,3 (1 пчела)	-	3 пчелы – из них заражены 33,3%
Смоленская область	0	0	-	4 пчелы
Республика Татарстан	33,3 (1 пчела)	33,3 (1 пчела)	-	3 пчелы – из них заражены 66,6% – 2 пчелы
Нижегородская область	0	66,6 (2 пчелы)	-	3 пчелы – из них заражены 66,6% – 2 пчелы
Тамбовская область	0	100 (1 пчела)	-	1 пчела
Брянская область	0	16,7 (1 пчела)	-	6 пчел – из них заражены 16,7% – 1 пчела
Липецкая область	5,6 (1 пчела)	55,6 (10 пчел)	-	18 – из них заражены 61,1% – 11 пчел
Краснодарский край	100 (4 пчелы)	0	-	4 – из них заражены 100% – 4 пчелы
Алтайский край	28,6 (2 пчелы)	14,3 (1 пчела)	-	7 – из них заражены 42,9% – 3 пчелы

Приведенные в таблице 1 данные лишь показывают распространенность микроспориidioзов у *A. mellifera*, чувствительных к нозематозу, так как существуют и толерантные медоносные пчелы, по предположению, обладающие врожденным иммунитетом к нозематозу. У таких пчел высокие уровни экспрессии генов Toll-пути по сравнению с



медоносными пчелами, чувствительными к нозематозу [7–9]. Продолжительность жизни толерантных пчел поддерживает развитие и созревание спор, хотя сами пчелы выглядят относительно здоровыми.

В Toll–пути участвуют трансмембранные белки и данный путь, как разновидность иммунного ответа позвоночных и беспозвоночных, включает в себя различные Toll рецепторы и Toll–подобные рецепторы (TLR–белки), выступающие как в роли сигнальных белков, участвующих в иммунном ответе, так и в развитии медоносной пчелы. Собранные в таблице 2 геномные локусы потенциально можно использовать для изучения работы врожденного иммунного ответа медоносной пчелы в ответ на заражение патогенами и/или механические повреждения.

Таблица 2 – Список потенциальных геномных локусов для изучения работы врожденного иммунного ответа медоносной пчелы

Локус	Категория	Описание гена	ID
1	2	3	4
Catalase	Детоксификация	Каталаза	AF436842.1
GSTS3		Глутатион S–трансфераза S3	GB19254
CYP4G11		Цитохром P450 4G11	GB11973
AM2446		Ортолог протеинтирозинфосфатазы 99A	GB16234
CYP306A1		Цитохром P450 306A1	GB12311
PKA–R1		Регуляторная субъединица цАМФ–зависимой протеинкиназы типа I	GB13272
CEst04		Эстераза–подобная FE4	GB13591
CYP6AS14		Цитохром P450 6AS14	GB19113
PKA–C1		цАМФ–зависимая протеинкиназа 1	GB17175
AM12900 Bredo		28S рибосомальная РНК	544668
AmNOS	Детоксификация	Синтаза оксида азота (NOS)	UGID:2337021
AMActin	Гены «домашнего хозяйства»	Белок 1, родственник актину	NP
RPS5		Рибосомальный белок S5a	GB11132
VGMC	Развитие	Вителлогенин (Vg)	UGID:1213462
AMHex10 869		Гексамерин 70b	406117

1	2	3	4
cactus	Иммунный ответ	Транскрипционный фактор IκB	GB19910
tab		Tab Tak1–связывающий белок	GB18650
PGRPSC4300		Белок распознавания пептидогликана S1	GB15371
abaecin		Абаецин	GB18323
PGRPPLC710		Белок распознавания пептидогликана LC	GB17188
PPOact		Сериновая протеаза 8	GB18767
hymenopt		Гименоптацин	GB17538
relish		Транскрипционный фактор NF-κappaB	552247
defensin1		Дефенсин 1	GB19392
AmEater		трансмембранные рецепторы NimC1, Eater–подобные	GB14645
domeless		Сигнальный путь Hopscotch JAK–STAT	726002
defensin2		Дефенсин 2 (Def2)	GB10036
PGRPSCnew		Белок распознавания пептидогликана S2	UGID:1217378
ApidNT		Апидецин тип 22	58585226
Bgluc19452	Иммунный ответ	Иммунный аналог GCN5 для общего контроля синтеза аминокислот подобный типу 5, 2 вариант	552646
basket		JNK MAP киназа	GB16401
Dscam3–7		Молекула клеточной адгезии синдрома Дауна	GB15141
dorsal–1		Ортолог транскрипционного фактора NF κB	GB19537

У медоносной пчелы данные белки ортологичны Toll рецепторам и TLR–белкам млекопитающих, все из которых участвуют в иммунитете [10]. Toll рецепторы и TLR–белки медоносной пчелы были определены по аналогии с белками дрозофилы обыкновенной *Drosophila melanogaster* [11]. Активация Toll рецепторов происходит при связывании цитокиноподобной молекулы Spaetzle и Spaetzle–подобных молекул с внеклеточным доменом трансмембранного рецептора. Цитокиноподобные молекулы выступают в роли лигандов. GB15688 и GB13503 являются ортологами цитокиноподобной молекулы. При

изменениях в конформации рецептора, внутриклеточные белки с доменом DD рекрутируются для формирования рецепторного комплекса. Рецепторный комплекс активируется и приводит к деградации Cactus – ингибитора NF-κB. Далее происходит ядерная транслокация Dorsal – фактора транскрипции NF-κB [9]. В геноме медоносной пчелы были обнаружены два гомологичных Dorsal гена, один из которых является ключевым фактором транскрипции рецепторного Toll пути. Как итог, у медоносных пчел экспрессируется ряд антимикробных пептидов, фенолоксидаза (меланизирующий агент) и лизоцимы трех разновидностей как реакция на патогены и/или механические повреждения, потенциально вызванные этими патогенами [9]. Обозначенные геномные локусы потенциально можно использовать для изучения работы врожденного иммунного ответа медоносной пчелы при параллельном изучении распространения *Nosema apis* и *Nosema ceranae* на пасеках в разных областях РФ.

#### **Литература**

1. Гробов О.Ф., Смирнов А.М., Попов Е.Т. Болезни и вредители медоносных пчел: справочник. – М. – 1987 – 335с.
2. Исси И.В. Развитие микроспоридиологии в России // Вестник защиты растений. – 2020. – 103: 161–176.
3. Шакиров Р.Ф., Никитин И.Н. Эпизоотология отдельных инфекционных и инвазионных болезней пчел в Республике Татарстан // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2016. – 7: 56 – 60.
4. Zinatullina Z.Ya., Dolnikova T.Y., Domatskaya T.F., Domatsky A.N. Monitoring diseases of honey bees (*Apis mellifera*) in Russia // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. – 8: 106–112.
5. Ostroverkhova N.V. Prevalence of *Nosema ceranae* (Microsporidia) in the *Apis mellifera mellifera* bee colonies from long time isolated apiaries of Siberia // Far East Entomology. – 2020. – 407: 8–20.
6. Ostroverkhova N.V., Konusova O.L., Kucher A.N., Kireeva T.N., Rosseykina S.A. Prevalence of the microsporidian *Nosema* spp. in honey bee populations (*Apis mellifera*) in some ecological regions of North Asia. Veterinary Science. – 2020. – 7: 111.
7. Goblirsch M. *Nosema ceranae* disease of the honey bee (*Apis mellifera*) // Apidologie. – 2018. – 49: 131–150.
8. Evans J. D., Aronstein K., Chen Y. P., Hetru C., Imler J.-L., Jiang H., Kanost M., Thompson G. J., Zou Z., Hultmark D. Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera* // Insect Molecular Biology. – 2006. – 15: 645–656.
9. Boncristiani H., Underwood R., Schwarz R., Evans J.D., Pettis J., vanEngelsdorp D. Direct effect of acaricides on pathogen loads and gene expression levels in honey bees *Apis mellifera* // Journal of Insect Physiology. – 2012. – 58: 613–620.
10. Beutler B. Innate immunity: an overview // Molecular Immunology. – 2004. – 40: 845–859.