

УДК 595.799

В.И. ХВИР, канд. биол. наук
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь



Статья поступила 10.04.2025

ПЕРВИЧНЫЕ ДАННЫЕ О ЗАРАЖЕННОСТИ ШМЕЛЕЙ (*BOMBUS TERRESTRIS*) НОЗЕМАТОЗОМ (*NOSEMA BOMBI*) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

*В работе представлены исследования заболевания нозематозом (*Nosema bombi*) шмелиных семей *Bombus terrestris* в условиях некоторых регионов Беларуси, которые показали средний уровень зараженности. Данные указывают на необходимость более широкого исследования данной проблематики.*

Ключевые слова: шмели, нозема, паразитарные заболевания.

KHVIR V.I., PhD in Biol. Sc.
Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

PRIMARY DATA ON INFECTION OF BUMBLEBEES (*BOMBUS TERRESTRIS*) WITH NOSEMATOSIS (*NOSEMA BOMBI*) IN BELARUS

*The paper presents studies of nosematosis (*Nosema bombi*) in bumblebee families of *Bombus terrestris* in some regions of Belarus, which showed an average level of infection. The data indicate the need for a broader study of this problem.*

Keywords: bumblebees, nosema, parasitic diseases.

Ведение. Актуальность вопроса распространения патогенных заболеваний среди насекомых-опылителей в настоящее время обусловлено значительным подрывом ресурсной базы опылителей в связи с широким применением инсектицидов, а также сокращением природных местообитаний шмелей [1]. На территории Европы широко распространены паразитарные заболевания шмелей и других опылителей, однако нозематоз – самое распространенное, при этом оно может существовать постоянно в условиях пчелиных пасек, где имеет место вертикальный (от матки к потомству, в том числе самцам) и горизонтальный (между особями и семьями в процессе трофоллакиса, груминга, периодов

покоя в гнезде, фуражирования) перенос. На настоящий момент известно, что значительное количество видов природных и одомашненных пчел являются носителями спор ноземы (*Nosema apis* у медоносных пчел и *Nosema bombi* у шмелей). Степень зараженности имеет тенденцию изменяться из года в год в зависимости от погодных условий, эффективности фуражировочной активности семей, количеством произведенных молодых особей, а также воздействия антропогенного фактора. Информация об особенностях протекания заболевания, степени уровня заражения, физиологической и этологической симптоматики и способов лечения и предупреждения нозематоза послужат научно обоснованно-

ванным фундаментом для организации профилактических мероприятий по предупреждению как нозематоза, так и вызванных на его фоне сопутствующих заболеваний. Такие исследования лягут в основу сохранения и поддержания устойчивой численности шмелиных семей в естественных биоценозах, а также обеспечат теоретическую основу для понимания специфики распространения заболевания в природных экосистемах.

Целью данной работы – получение данных о степени зараженности нозематозом (*N. bombi*) отдельных семей одного из наиболее распространенного вида шмелей фауны Беларуси *Bombus terrestris*. Особая актуальность изучения зараженности данного вида вызвана тем, что он используется для искусственного разведения, при этом совершенно не ясны пути заражения семей, находящихся при закрытом содержании в бомбикариях, что некоторые исследователи связывают с возможностью проникновения паразита из природных популяций шмелей [1-3]. Нозематоз в тяжелом виде проявляется обычно у медоносных пчел, которые долгое время были ограничены в пространстве, например во время зимовки, а также у шмелей, семьи которых используются для осуществления опыления внутри парников и теплиц.

Nosema bombi – внутриклеточный, облигатный микроспорициальный паразит, который паразитирует среди шмелей, в том числе и *B. terrestris*. Нозема проводит период покоя в матках, которые являются их основными хозяевами и трансмиссерами паразита [2]. Заражение рабочих особей может произойти тремя основными путями: попадание спор при питании на цветки, посещенные ранее инфицированными особями шмелей, при трофоллаксисе или при груминге в пределах гнезда, сопровождающемся отпадением волосков с тела рабочих особей [3-5]. Устойчивая фаза инфекционного заболевания появляется через 10-14 суток после попадания ноземы в организм шмелей. Заболевание может перетекать от одной особи к другой из-за трофоллаксиса или попадания загрязненных частичек сот (воска) вместе с водой, также погибшие особи-носители могут являться источником заболевания. Инфицированные матки основывают слабые колонии, численность фуражиров меньше средней, и воспроизводят небольшое количество репродуктив-

ных особей, что потенциально вызывает снижение численности локальной микропопуляции. Заболевание проявляется в виде расстройства кишечника и, как следствие, диареей. Особо выраженные первичные симптомы нозематоза отсутствуют. Различия между здоровыми и зараженными особями шмелей может быть обнаружены только при выделении и исследование желудочно-кишечного тракта. Кишечный тракт здоровых особей выявляет четкую круговую структуру перетяжек, в то время как кишечный тракт инфицированных особей отличается беловато-молочной окраской, отличается наличием нерегулярных вздутий и не пропорциональных тяжей кишечной ткани, перетяжки будут иметь темный серый цвет. Фекалии содержат споры ноземы, которые могут попадать на других особей и на волоски тела, следовательно, передаваться при груминге и в процессе строительства гнездовых ячеек [3, 4]. У шмелей выражен годичный жизненный цикл – в конце каждого все рабочие особи, самцы и старые королевы погибают. Перезимовывают исключительно оплодотворенные матки, вышедшие в текущем году. Так как *N. bombi* теряют жизнеспособность за пределами насекомого-хозяина, они выживают в зимующих матках, что делает их основными трансмиссерами этого паразита [3, 6].

Основная часть. Сбор материала проводился в период августа 2017, июля-августа 2023 и 2024 годов на территории Столбцовского и Минского районов Беларуси. Всего было отобрано пять выборок: 1) 45 особей зарегистрировано 04.06.08.2017 года; 2) 36 особей зарегистрировано 07.08.2017 года; 3) 35 особей зарегистрировано 08.07.2023 года; 4) 52 особей зарегистрировано собраны 15.08.2023 года; 5) 37 особей зарегистрировано 16.08.2024 года. Всего анализу было подвергнуто 205 экземпляров земляного шмеля. Статистическая обработка данных проводилась по стандартным методикам [8, 9].

Все особи были собраны стандартными энтомологическими методами с помощью сачка на цветущих растениях преимущественно представителей семейств бобовые и сложноцветные. Каждая особь помещалась в пробирки типа эппендорф с 80% спиртом. Протокол выявления нозематоза предусмат-

ривает анатомирование каждой особи как потенциального носителя нозематоза. В условиях лаборатории из каждой особи извлекался кишечник и помещался в пробирку типа эппендорф, при этом отмечался общий объем, который занимает кишечник (он составлял одну часть). К нему добавлялась вода в двойном объеме, затем производился процесс гомогенизации состава с помощью химического шпателя. Для установления наличия спор ноземы капля полученного раствора помещалась на предметное стекло, фиксировалась сверху покровным стеклом. Данный препарат исследовали с помощью бинокюля Zeiss 600 при 100-кратном увеличении на выявление спор *N. bombi*. При подтверждении наличия спор ноземы методом микроскопирования на следующем этапе осуществлялся их анализ в счетной камере Горяева. Для подсчета выявлялось 16 маленьких квадратов камеры Горяева; подсчет происходил только по диагонали [2, 7]. Данные, полученные в результате исследований, отражены в таблицах 1-4 (в таблицах указаны только данные по зараженным особям, номер особи зашифрован в виден номера пробирки, например Э33 – пробирка эппендорф номер 33).

При просмотре особей из первой выборки от 04.08.2017 года наличие спор не было выявлено, все особи оказались чистыми, при этом регистрировалось нормальное состояние кишечника.

При просмотре особей второй выборки от 07.08.2017 года были получены следующие данные.

Полученные результаты могут быть связаны с регистрацией шмелей *B. terrestris* принадлежащих другой семье, в которой развивался паразит. В свою очередь, отсутствие ноземы в первой выборке свидетельствует о наличии семей, которые не заражены паразитами, и, следовательно, передача нозем может протекать не только в пределах потомков одной семьи, но через кормовые растения. Наличие данного трансмиссера (антофильные растения) подчеркивается рядом авторов как наиболее потенциальный коридор для сохранения и устойчивого размножения нозем среди шмелей, которые не формируют многолетние семьи, способные к перезимовке, например, медоносная пчела [2, 4].

Данные из третьей выборки, собранные от 08.07.2023 года, показали следующие данные.

Данные по третьей выборке свидетельствуют, что зараженными оказываются практически 50% всех зарегистрированных особей. Однако установить принадлежность их к одной или разным семьям не представляется возможным. Скорее всего, имеет место регистрация особей из разных семей, следовательно, в пределах анализируемых биотопов может наблюдаться наличие как зараженных, так и свободных от паразитов колоний.

При анализе особей из четвертой выборки от 15.08.2023 были получены следующие результаты.

При просмотре особей из пятой выборки от 16.08.2024 года были получены следующие результаты.

Таблица 1. – Наличие и количество спор *N. bombi* в кишечниках шмелей *B. Terrestris*

Образец	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)
Э46	+	4,8*10 ⁵
Э48	+	5,31*10 ⁶
Э49	+	4,8*10 ⁵
Э52	+	4,26*10 ⁶
Э53	+	5,1*10 ⁵
Э56	+	5,1*10 ⁶
Э57	+	4,0*10 ⁶
Э60	+	4,02*10 ²
Э61	+	5,0*10 ⁶
Э66	+	5,02*10 ⁶

Таблица 2. – Наличие и количество спор *N. bombi* в кишечниках шмелей *B. Terrestris*

Особь	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)	Особь	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)
Э70	+	3,02*102	Э54	+	1,25*103
Э71	+	1,02*102	Э55	+	2,02*105
Э75	+	1,72*106	Э56	+	4,58*406
Э76	+	1,79*105	Э57	+	3,08*102
Э80	+	0,92*106	Э58	+	2,72*106
Э84	+	2,12*105	Э59	+	8,7*105
Э85	+	0,72*106	Э60	+	1,28*106
Э88	+	3,02*108	Э61	+	1,32*106
Э90	+	3,59*102			

Таблица 3. – Наличие и количество спор *N. bombi* в кишечниках шмелей *B. Terrestris*

Особь	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)	Особь	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)
Э98	+	3,92*106	Э91	+	3,39*105
Э100	+	2,27*106	Э92	+	2,7*106
Э103	+	2,1*105	Э93	+	1,52*106
Э108	+	3,1*105	Э98	+	2,29*105
Э109	+	2,46*106			

Таблица 4. – Наличие и количество спор *N. bombi* в кишечниках шмелей *B. Terrestris*

Особь	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)	Особь	Наличие спор <i>N. bombi</i>	Количество спор (кл/л)
Э112	+	3,22*104	Э130	+	2,8*102
Э113	+	2,0*105	Э142	+	1,08*105
Э117	+	3,14*106	Э145	+	1,84*101
Э119	+	4,8*106	Э163	+	2,74*106
Э125	+	4,27*106			

Таким образом, из 205 проанализированных особей, полученных за данный период исследований, для 45 установлено наличие нозематоза, что составляет 21,9% по общему уровню зараженности из изученных популяций земляного шмеля. В первой выборке нозематозных особей выявлено не было, тогда как остальные характеризовались средним уровнем заражения.

Поанализировав данные, было вычислено среднее значение выборки, среднее квадратическое отклонение и ошибку средней, используя следующие формулы соответственно:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

где x_i – значение конкретного показателя;
 $\sum$ – знак суммы;

n – число показателей (случаев).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

где $\sum (x - \bar{X})^2$ – сумма разности квадратов между каждым показателем и средней арифметической величиной (сумма квадратов отклонений);
 $n - 1$ – объем выборки (число особей), если число особей $n \leq 30$.

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n - 1}} \quad (3)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение выборочной совокупности;
 $n - 1$ – объем выборки.

Статистический анализ полученных результатов отражен в таблице 5.

Таблица 5. – Результаты вычисления среднего значения выборки, среднего квадратичного отклонения и ошибки средней для каждой выборки

Номер выборки	$\bar{X}$	σ	m
1	0	0	0
2	4,78*105	1,65*106	3,80*105
3	2,08*105	1,38*106	3,46*105
4	2,57*106	1,60*106	5,66*105
5	2,89*106	2,00*106	7,08*105

Исходя из полученных данных, можно заключить, что полученный объем выборки достаточен для оценки зараженности шмелиных семей в условиях проведения исследований и согласуется с данными, полученным в других регионах Европы [1, 4, 5]. Также данные указывают на среднюю степень зараженности семей *B. terrestris* в условиях Минского района, однако степень зараженности локальных популяций Столбцовского района требует дополнительных исследований.

Полученные данные указывают, что трансмиссером паразита могут служить цветковые растения, где происходит перенос *N. bombi*. В процессе сбора пыльцы и нектара зараженная особь может оставить споры ноземы в фекалиях, а также путем физического контакта с элементами цветка с опущения перенести споры ноземы, которые могут оставаться жизнеспособными некоторое время и на пыльце, и, как правило, следующий фуражир будет заражаться данными спорами и станет переносчиком инфекционного агента в пределах своей семьи. Учитывая особенности протекания заболевания в течение весенне-летнего периода, необходимо отметить, что наибольший уровень развития заболевания характерен для августа, когда происходит вылет и оплодотворение самок.

Данные этого исследования говорят о том, что шмели *B. terrestris* в регионе проведения исследований характеризуются средней степени зараженности нозематозом, при этом необходимо отметить наличие семей, полностью свободных от данного паразита. Нозема вызывает общее понижение физиологической активности организмов шмелей, что сказывается как на уровне фуражировочной активности, так и на плодовитости самок. Помимо

того, что это может послужить основой для развития новых (вирусных и грибковых) заболеваний, заболевание может вызвать снижение или полную фертильность оплодотворенных самок, уходящих на зимовку. Данная тема мало исследована в Беларуси и требует планомерных исследований.

Список литературы

1. *Nosema bombi* (Microsporidia: Nosematidae) and Trypanosomatid Prevalence in Spring Bumble Bee Queens (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) in Kansas / Amber D. Tripodi, Ximena Cibilis-Stewart, Brian P. McCornack, Allen L. Szalanski // J. of the Kansas Entom. Society – 2014. – Vol. 87. – Iss. 2. – P. 225-233.
2. Coffey, Mary F. Parasites of the Honeybee / Mary F. Coffey. – Carlow ; Oak Park : Crops Research Centre, 2007. – 81 p.
3. Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators / Fürst M. A. [et al.]; Nature. – 2014. – V. 506. – №. 7488. – P. 364–366.
4. *Nosema bombi* (Microsporidia: *Nosematidae*) and Trypanosomatid Prevalence in Spring Bumble Bee Queens (Hymenoptera: *Apidae*: *Bombus*) in Kansas / Amber D. Tripodi [et al.]; J. of the Kansas Entom. Society – 2014. – Vol. 87. – Iss. 2. – P. 225-233.
5. Tirado, R. Bees in decline: A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk / R. Tirado, G. Simon, P. Johnston // Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review). – 2013. – V. 1. – №. 2013. – P. 1-48.
6. Baracchi, D. Behavioral evidence for self-medication in bumblebees? / D. Baracchi, M. J. F. Brown, L. Chittka // F1000Research. – London. – 2015. – 20 p.
7. Алексеев, Ф. М. Справочник по болезням и вредителям пчел / Ф. М. Алексеев, В. А. Ревенко, М. А. Чепурко. – Киев : Урожай, 1991. – 238 с.
8. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М., Практика, 1998. – 459 с.
9. Карпук, В. В. Фармакогнозия : учеб. пособие / В. В. Карпук. – Минск : БГУ, 2001. – 340 с.

References

1. Amber D. Tripodi, Ximena Cibilis-Stewart,

- Brian P. McCornack, Allen L. Szalanski
Nosema bombi (Microsporidia: Nosematidae) and Trypanosomatid Prevalence in Spring Bumble Bee Queens (Hymenoptera: Apidae: Bombus) in Kansas. J. of the Kansas Entom. Society. 2014, vol. 87, iss. 2, pp. 225-233.
2. Coffey. Mary F. Parasites of the Honeybee. Carlow; Oak Park, Crops Research Centre, 2007, 81 p.
 3. Fürst M. A. et al. Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. Nature. 2014, V. 506, no. 7488, pp. 364–366.
 4. Amber D. Tripodi et al. *Nosema bombi* (Microsporidia: Nosematidae) and Trypanosomatid Prevalence in Spring Bumble Bee Queens (Hymenoptera: Apidae: Bombus) in Kansas. J. of the Kansas Entom. Society. 2014, vol. 87, iss. 2, pp. 225-233.
 5. Tirado R., Simon G., Johnston P. Bees in decline: A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk. Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review). 2013, vol. 1, no. 2013, pp. 1-48.
 6. Baracchi D., Brown M. J. F., Chittka L. Behavioral evidence for self-medication in bumblebees? F1000Research. London. 2015, 20 p.
 7. Alekseenko F.M., Revenok V.A., Chepurko M.A. *Spravochnik po boleznyam i vreditelyam pchel* [Handbook of diseases and pests of bees]. Kyiv, Urozhai, 1991, 238 p. (In Russian)
 8. Glanz S. *Mediko–biologicheskaya statistika* [Medico – biological statistics]. Moscow, Praktika, 1998, 459 p. (In Russian)
 9. Karpuk V.V. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. Minsk, BSU, 2001, 340 p. (In Russian)

Received 10.04.2025