

## ДИНАМІКА ВІДМИРАННЯ БДЖІЛ ЗА УМОВИ ЗАРАЖЕННЯ РІЗНИМИ ДОЗАМИ СПОР МІКРОСПОРИДІЙ *NOSEMA APIS* ТА *NOSEMA CERANAE*

Г. В. Односум<sup>1</sup>, Т. М. Єфіменко<sup>2</sup>, Н. М. Сорока<sup>1</sup>  
odnosum.anna@gmail.com

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
вул. Полковника Потехіна, 16, м. Київ, 03041, Україна

<sup>2</sup>ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича»,  
вул. Академіка Заболотного, 19, м. Київ, 03680, Україна

У статті викладено результати досліджень з вивчення впливу різних доз зараження спорами мікроспоридій *Nosema apis* та *Nosema ceranae* ( $5 \times 10^2$ – $5 \times 10^7$  спор на бджолу) на динаміку відмирання льотних бджіл літньої генерації (з 7.07 по 17.09.2016 р.), відібраних у садки.

Встановлено, що швидкість відмирання бджіл значною мірою визначається дозою зараження і значно меншою — видом мікроспоридій. Низькі дози спор обох видів мікроспоридій до 18-го дня зараження уповільнюють відмирання заражених бджіл. При цьому у варіантах з низькими дозами зараження смертність бджіл у варіантах з *N. ceranae* була децю нижчою, ніж у варіантах з *N. apis*. Тобто можна сказати, що *N. ceranae* стосовно медоносною бджолою є менш патогенною, ніж *N. apis*. У варіантах з високими дозами відразу спостерігали прискорення відмирання заражених бджіл за використання як *N. apis*, так і *N. ceranae*. Згодом показники смертності бджіл у цих варіантах практично вирівнюються.

Отже, в довгостроковому експерименті дози зараження бджіл спорами обох видів мікроспоридій — і *N. apis*, і *N. ceranae* — не впливають на показники смертності бджіл, проте мають вплив на швидкість їх відмирання: високі інвазійні навантаження прискорюють природне відмирання бджіл, а низькі, навпаки, уповільнюють. Така закономірність характерна для обох видів мікроспоридій. Припускається, що кількість поколінь *N. apis* до загибелі бджіл обумовлюється дозою патогена і енергетичними запасами хазяїна.

**Ключові слова:** НОЗЕМАТОЗ, МЕДОНОСНА БДЖОЛА, СПОРИ, МІКРОСПОРИДІЯ, *NOSEMA APIS*, *NOSEMA CERANAE*

## DYNAMICS OF BEES EXTINCTION UNDER CONDITION OF THEIR INVASION WITH DIFFERENT DOSES OF SPORES OF *NOSEMA APIS* AND *NOSEMA CERANAE*

Н. В. Односум<sup>1</sup>, Т. М. Yefimenko<sup>2</sup>, N. M. Soroka<sup>1</sup>  
odnosum.anna@gmail.com

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
16 Polkovnyka Potechina str., Kyiv 03041, Ukraine

<sup>2</sup>NSC “Institute of beekeeping named after P. I. Prokopovych”,  
19 Akademika Zabolotnogo str., Kyiv 03680, Ukraine

The article presents the results of research on the influence of infection doses of the spores of microsporidia *Nosema apis* and *Nosema ceranae* ( $5 \times 10^2$ – $5 \times 10^7$  spores per bee) on the dynamic of withering away of the flying bees of the summer generation (7.07–17.09.2016), selected in the cages.

It was established that the rate of bee's extinction is substantially determined by the dose of infection, and is far less — by the microsporidia species. Low doses of spores of both species of microsporidia till the 18<sup>th</sup> day of infection slow the extinction of the infected bees. Thus, in variants with low-dose infection bee's mortality in variants with *N. ceranae* was slightly lower than in variants with *N. apis*. That is to say that *N. ceranae* towards to the honey bees is slightly less pathogenic than *N. apis*. In the variants with high doses of infection, we immediately observed the withering away of the infected bees by using *N. apis* as well as *N. ceranae*. Subsequently bee's mortality in these variants almost equalized.

So, in the long-term experiment the doses of bee's infection by the spores of both species of microsporidia, and *N. apis* and *N. ceranae*, do not effect on the bee's mortality, however, they effect on the rate of their extinction, high invasive load — accelerating the natural extinction of bees, and the low — on the contrary, slow down. And this pattern is typical for both species of microsporidia. It is assumed that the number of *N. apis* generations before bee's death conditioned by the dose of the pathogen and host energy reserves.

**Keywords:** NOSEMOSIS, HONEYBEES, SPORES, MICROSPORIDIA, *NOSEMA APIS*, *NOSEMA CERANAE*

## ДИНАМИКА ОТМИРАНИЯ ПЧЕЛ ПРИ УСЛОВИИ ЗАРАЖЕНИЯ РАЗНЫМИ ДОЗАМИ СПОР МИРОСПОРИДИЙ *NOSEMA APIS* И *NOSEMA CERANAE*

А. В. Односум<sup>1</sup>, Т. М. Ефименко<sup>2</sup>, Н. М. Сорока<sup>1</sup>  
odnosum.anna@gmail.com

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,  
ул. Полковника Потехина, 16, г. Киев, 03041, Украина

<sup>2</sup>ННЦ «Институт пчеловодства имени П. И. Прокоповича»,  
ул. Академика Заболотного, 19, г. Киев, 03680, Украина

В статье изложены результаты исследований по изучению влияния доз заражения спорами микроспоридий *Nosema apis* и *Nosema ceranae* ( $5 \times 10^2$ – $5 \times 10^7$  спор на пчелу) на динамику отмирания летних пчел летней генерации (с 7.07 по 17.09.2016), отобранных в садки.

Установлено, что скорость отмирания пчел в значительной степени определяется дозой заражения и в значительно меньшей степени — **видом микроспоридий**. Низкие дозы спор обоих видов микроспоридий до 18-го дня заражения замедляют отмирание зараженных пчел. При этом в вариантах с низкими дозами заражения смертность пчел в вариантах с *N. ceranae* была несколько ниже, чем в вариантах с *N. apis*. То есть, можно сказать, что *N. ceranae* по отношению к медоносной пчеле является несколько менее патогенной, чем *N. apis*. В вариантах с высокими дозами сразу наблюдали ускорение отмирания зараженных пчел при использовании как *N. apis*, так и *N. ceranae*. Впоследствии показатели смертности пчел в этих случаях практически выравниваются.

Итак, в долгосрочном эксперименте дозы заражения пчел спорами обоих видов микроспоридий — и *N. apis*, и *N. ceranae* — не влияют на показатели смертности пчел, однако отражаются на скорости их отмирания: высокие инвазивные нагрузки ускоряют естественное отмирание пчел, а низкие — наоборот, замедляют. Такая закономерность характерна для обоих видов микроспоридий. Предполагается, что количество поколений *N. apis* до гибели пчел обуславливается дозой патогена и энергетическими запасами хозяина.

**Ключевые слова:** НОЗЕМАТОЗ, МЕДОНОСНЫЕ ПЧЕЛЫ, СПОРЫ, МИКРОСПОРИДИИ, *NOSEMA APIS*, *NOSEMA CERANAE*

Найпоширенішою хворобою медоносної бджоли *Apis mellifera* L. є нозематоз. Захворювання зустрічається на всіх континентах в місцях інтенсивного ведення бджільництва, періодично викликає масову загибель бджолиних сімей на пасіках [7].

Донедавна збудником нозематозу медоносної бджоли вважали один вид микроспоридій — *Nosema apis* [24]. Дослідження останніх років показали, що в світі широко розповсюджений також інший паразит бджіл — мікроспоридія *Nosema ceranae* [4, 6, 12, 16].

*Nosema ceranae* спочатку була описана як паразит азіатської медоносної бджоли *Apis cerana* F. [6], через що нозематоз, спричинений цією мікроспоридією, отримав ще назву «азіатський». У подальшому мікроспоридія *N. Ceranae* виявлена в європейській медоносної бджоли на всіх континентах, де розвинене

бджільництво [10]. До того ж у низці країн як збудник нозематозу бджіл реєструється лише або переважно *N. ceranae*. Зокрема, вона зареєстрована на пасіках по всій території США [3] і Південної Америки [13], у країнах Балканського півострова [17], у Європі [2, 9, 10, 17] та Азії [23]. Поширена *N. ceranae* також і в Російській Федерації, причому переважає над *N. apis* у південних регіонах [8, 18, 25]. *N. ceranae* зустрічається поряд з *N. apis* в Україні [22].

До клінічних проявів нозематозу, спричинених мікроспоридією *N. apis*, належать слабкий розвиток бджолиних сімей, іноді — присутність слідів проносу. Відсутність опоношеності не обов'язково свідчить про те, що нозематозу немає [7]. Захворювання проявляється переважно на початку весни і припадає на початок вирощування розплоду, тобто на період величезних енергетичних затрат бджіл. Вкрай

рідко нозематоз проявляється восени, що зазвичай збігається з високим ступенем інвазії бджіл кліщем *Varroa destructor*, присутністю в меді паді або залишків пестицидів. Провокує загострення нозематозу утримання слабких сімей, які не можуть підтримати оптимальну температуру в гнізді бджіл [20].

На думку деяких дослідників, прояв нозематозу, спричинений паразитуванням *N. ceranae*, дещо відрізняється від зумовленого мікроспоридією *N. apis*. Зокрема, при загостренні нозематозу, спричиненого мікроспоридією *N. ceranae*, відсутні сліди проносу. Більшість інфікованих бджолосімей можуть не мати жодних ознак захворювання, навіть за зниженої продуктивності та активності запилення [15]. Деякі дослідники вважають, що бджолині сім'ї, заражені *N. ceranae*, відмирають швидше, ніж заражені *N. apis*. Однак це не доведено експериментально ні на ізольованих в садки бджолах, ні на бджолиних сім'ях.

Наші багаторічні спостереження за бджолиними сім'ями, де спостерігалось загострення нозематозу, свідчить про те, що відмінності у клінічних проявах нозематозу обумовлюються здебільшого ступенем інвазії бджіл двома видами мікроспоридій — *N. apis* і *N. ceranae*. Ступінь інвазії бджіл збудниками нозематозу, своєю чергою, залежить від стадії розвитку паразитів, від генерації і віку бджіл на час зараження, від ступеню ураження бджіл кліщем *Varroa destructor*, від якості кормів, зношеності бджіл, від пізньої переробки цукру восени, токсичного навантаження на бджіл від пестицидів, якими оброблялись нектароноси в радіусі продуктивного льоту бджіл, чи від інших чинників.

Метою нашої роботи було порівняти вплив доз зараження мікроспоридіями *N. apis* і *N. ceranae* на динаміку відмирання бджіл літньої генерації. З огляду на це, на бджолах літньої генерації, ізольованих в садки, ми вирішували такі завдання:

1) дослідити вплив зараження спорами мікроспоридій *N. apis* та *N. ceranae* в дозах  $5 \times 10^3$ – $5 \times 10^7$  спор на бджолу на динаміку відмирання бджіл;

2) визначити ступінь ураження дослідних бджіл нозематозом.

## Матеріали та методи

За лабораторних умов нами досліджено вплив різних доз зараження спорами мікроспоридій *N. apis* та *N. ceranae*, а саме  $5 \times 10^2$ – $5 \times 10^7$  спор на бджолу, на динаміку відмирання льотних бджіл, відібраних з однієї сім'ї. Контролем служили бджоли без зараження.

Для цього в садок відбирали 40–50 льотних бджіл літньої генерації (приблизно на 15–20-й день з моменту відродження). Один садок — одна повторність. На варіант — три повторності (120–150 бджіл). Після цього їм згодовували 50 %-й цукровий сироп зі спорами мікроспоридій *N. apis* і *N. ceranae* в концентраціях:  $5 \times 10^2$ ;  $5 \times 10^3$ ;  $5 \times 10^4$ ;  $5 \times 10^5$ ;  $5 \times 10^6$ ;  $5 \times 10^7$ . Дослід тривав з 7.07 по 17.09.2016 р.

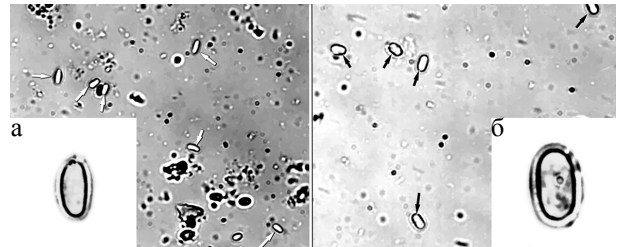


Рис. 1. Спори *Nosema ceranae* (а — зліва) та *Nosema apis* (б — справа) під світловим мікроскопом ( $\times 400$  та  $\times 1000$ )

Fig. 1. *Nosema ceranae* (a — left) та *Nosema apis* (b — right) spores under the light microscope ( $\times 400$  and  $\times 1000$ )

Спори *N. apis* і *N. ceranae* виділяли з заражених бджіл за стандартними методами [5, 19]. Для цього шляхом мікроскопічного аналізу попередньо відбирали достатню кількість бджіл з сильним ступенем зараження спорами мікроспоридій *N. apis* та мікроспоридій *N. ceranae* (рис. 1). Черевця бджіл гомогенізували, гомогенат фільтрували. Фільтрат центрифугували при 2 тис. об./хв протягом 20 хв. Осад зі спорами ресуспензували, після чого знову центрифугували при тих же параметрах. Останнє дозволяло максимально звільнити спори від сторонніх домішок та попутної мікрофлори кишечників бджіл. Після цього готували суспензію спор, в якій підраховували титр спор за допомогою камери Горяєва. Необхідну для зараження концентрацію спор отримували розведенням вихідної спорової суспензії. Спори згодовували дослідним

бджолам разом з цукровим сиропом протягом 24 год. Після цього бджіл переводили на чистий цукровий сироп. Облік смертності бджіл проводили через кожні два дні до повного відмирання бджіл. Дані оброблені статистично.

## Результати й обговорення

Результати експерименту представлені на рис. 2 і 3 і в таблиці.

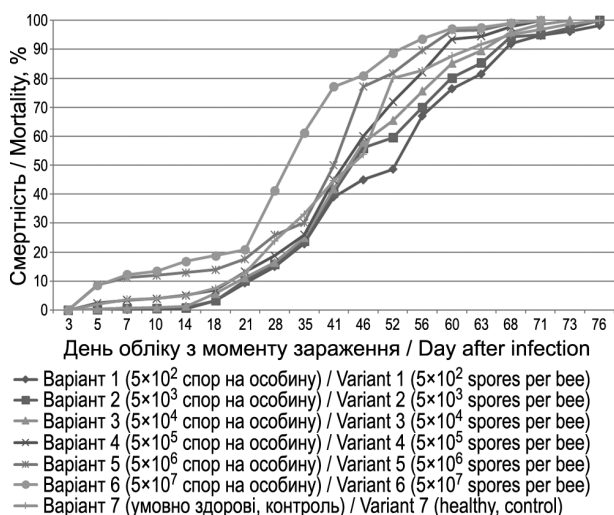


Рис. 2. Динаміка відмирання бджіл залежно від дози зараження спорами *Nosema ceranae* (500–50000000 спор на особину)

Fig. 2. Dynamics of bees extinction depending on the dose of invasion by *Nosema ceranae* spores (500–50000000 spores per bee)

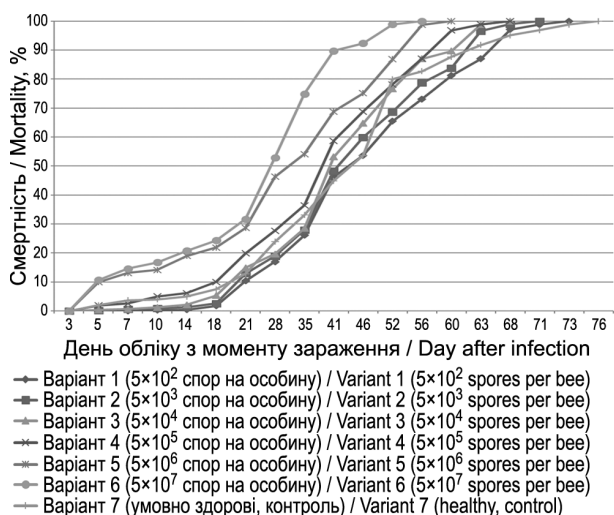


Рис. 3. Динаміка відмирання бджіл залежно від дози зараження спорами *Nosema apis* (500–50000000 спор на особину)

Fig. 3. Dynamics of bees extinction depending on the dose of invasion by *Nosema apis* spores (500–50000000 spores per bee)

Дослідження впливу доз зараження спорами мікроспоридій *N. apis* та *N. ceranae* (а саме:  $5 \times 10^2$ ;  $5 \times 10^3$ ;  $5 \times 10^4$ ;  $5 \times 10^5$ ;  $5 \times 10^6$ ;  $5 \times 10^7$  спор на бджолу) при згодовуванні разом з 50 %-м цукровим сиропом показало, що швидкість відмирання бджіл суттєво визначається дозою зараження і значно меншою мірою — видом мікроспоридій. Низькі дози спор обох видів мікроспоридій ( $5 \times 10^2$ ;  $5 \times 10^3$ ;  $5 \times 10^4$  спор на бджолу) до 18-го дня зараження уповільнюють відмирання заражених бджіл не тільки порівняно з варіантами, де випробовувались високі дози, але й порівняно з контролем, де бджоли не були заражені.

При цьому у варіантах з низькими дозами зараження ( $5 \times 10^2$ ;  $5 \times 10^3$ ;  $5 \times 10^4$  спор на бджолу) смертність бджіл у варіантах з *N. ceranae* була дещо нижчою, ніж у варіантах з *N. apis*, і така тенденція спостерігається до 41-го дня з моменту зараження. З 41-го дня тільки доза  $5 \times 10^2$  уповільнює природне відмирання бджіл, яке ми спостерігали в контролі. Тобто попередньо можна сказати, що *N. ceranae* стосовно медоносної бджоли є дещо менш патогенною, ніж *N. apis*, що узгоджується з даними інших дослідників, які вивчали вплив доз зараження *N. ceranae* та *N. apis* на смертність піддослідних бджіл [1].

У варіантах із високими дозами ( $5 \times 10^5$ ;  $5 \times 10^6$ ;  $5 \times 10^7$  спор на бджолу) ми відразу спостерігали прискорення відмирання бджіл, заражених як *N. apis*, так і *N. ceranae*. Згодом показники смертності бджіл в цих варіантах практично вирівнюються.

Мікроскопічний аналіз показав, що дослідні бджоли, починаючи з 7-го дня зараження, мали високий рівень інвазії обома видами мікроспоридій — і *N. apis*, і *N. ceranae*.

У попередніх наших дослідів з вивчення впливу доз зараження *N. apis* на динаміку відмирання бджіл ми не отримали чіткої залежності між дозою зараження і показниками смертності бджіл на ранніх етапах зараження. Суттєва різниця в показниках смертності спостерігалась від 15-го дня зараження, а з часом динаміка відмирання бджіл вирівнюється за використання як високих, так і низьких доз, що пояснюється фізіологічною старістю бджіл [14].



Таблиця

**Смертність бджіл при зараженні *Nosema apis* та *Nosema ceranae*  
Bees mortality during the invasion by the spores of microsporidia *Nosema apis* and *Nosema ceranae***

Варіант досліджу (доза зараження, спор на бджолу) Variant of the experiment (Dosage of the invasion, spores per bee)	Вид мікроспоридій ( <i>N. apis</i> , <i>N. ceranae</i> ) Type of microsporidia ( <i>N. apis</i> , <i>N. ceranae</i> )	Смертність бджіл при зараженні <i>N. apis</i> та <i>N. ceranae</i> на день досліджу, % Bee mortality during the invasion by <i>N. apis</i> and <i>N. ceranae</i> on the day of the experiment, %										
		7-й день 7 <sup>th</sup> day	14-й день 14 <sup>th</sup> day	18-й день 18 <sup>th</sup> day	21-й день 21 <sup>st</sup> day	35-й день 35 <sup>th</sup> day	41-й день 41 <sup>st</sup> day	46-й день 46 <sup>th</sup> day	56-й день 56 <sup>th</sup> day	63-й день 63 <sup>th</sup> day	71-й день 71 <sup>st</sup> day	73-й день 73 <sup>th</sup> day
5×10 <sup>2</sup>	<i>N. apis</i>	0	0,44	1,78	10,34	26,11	46,34	53,67	73,14	86,98	98,76	100
	<i>N. ceranae</i>	0,25	0,56	3,32	9,33	22,89	38,99	44,94	67,11	81,56	94,8	96,2
5×10 <sup>3</sup>	<i>N. apis</i>	0,62	1,23	2,56	12,89	27,98	48,32	59,89	78,67	96,56	100	100
	<i>N. ceranae</i>	0,52	0,87	3,32	10,21	23,78	40,46	55,9	69,98	85,37	95,1	97,34
5×10 <sup>4</sup>	<i>N. apis</i>	0,61	2,1	5,3	14,89	28,49	53,11	64,76	86,98	98,78	100	100
	<i>N. ceranae</i>	0,61	1,3	5,7	11,15	24,98	41,89	57,78	75,56	89,57	98,5	100
5×10 <sup>5</sup>	<i>N. apis</i>	2,54	6,11	9,98	19,89	36,46	58,73	68,78	87,11	98,89	100	100
	<i>N. ceranae</i>	3,44	5,15	6,89	13,23	25,91	44,89	59,89	82,1	94,5	100	100
5×10 <sup>6</sup>	<i>N. apis</i>	13,15	18,98	21,89	28,67	54,12	68,78	75,15	98,76	100	100	100
	<i>N. ceranae</i>	11,21	12,98	13,89	17,68	30,11	49,98	77,12	89,64	96,56	100	100
5×10 <sup>7</sup>	<i>N. apis</i>	14,58	20,78	24,34	31,67	74,89	89,78	92,34	100	100	100	100
	<i>N. ceranae</i>	12,23	16,89	18,83	20,89	61,23	77,11	80,92	93,67	97,54	100	100
Контроль	Без зараження	3,71	4,98	7,47	12,84	33,11	44,89	53,67	82,67	91,78	96,9	98,8

Отримані нами результати узгоджуються з результатами Малоне зі співавторами [11], які не отримали чіткої залежності між дозою зараження бджіл *N. apis* і кількістю спор, що утворилися на особину. Схожі дані отримані нами на гусеницях совок (*Lepidoptera*, *Noctuidae*) різного віку, яких заражали різними дозами спор мікроспоридій *Vairimorpha antheraeae* [21].

Отже, з огляду на результати власних досліджень, а також дані літератури, ми стверджуємо, що в довгостроковому експерименті дози зараження бджіл спорами і *N. apis*, і *N. ceranae* не впливають на показники смертності бджіл, проте впливають на терміни їх відмирання: високі інвазійні навантаження скорочують їх, а низькі, навпаки, спричиняють високу смертність наприкінці життєвого циклу бджіл. Очевидно, кількість поколінь *N. apis* до загибелі бджіл обумовлюється дозою патогена та енергетичними запасами хазяїна.

## Висновки

1. Зараження бджіл різними дозами спор мікроспоридій *N. apis* та *N. ceranae*, а саме  $5 \times 10^2$ – $5 \times 10^7$  спор на бджолу показало, що швидкість відмирання бджіл визначається дозою зараження і значно меншою мірою — видом мікроспоридій.

2. Низькі дози спор обох видів мікроспоридій ( $5 \times 10^2$ ;  $5 \times 10^3$ ;  $5 \times 10^4$  спор на бджолу) до 18-го дня зараження уповільнюють відмирання заражених бджіл не тільки порівняно з варіантами, де випробовувались високі дози, але й порівняно з контролем, де бджоли не були заражені. При цьому смертність бджіл у варіантах з *N. ceranae* була дещо нижчою, ніж у варіантах з *N. apis*, і така тенденція спостерігається до 41-го дня з моменту зараження.

3. У варіантах із високими дозами ( $5 \times 10^5$ ;  $5 \times 10^6$ ;  $5 \times 10^7$  спор на бджолу) відразу спостерігали прискорення відмирання бджіл — заражених як *N. apis*, так і *N. ceranae*. Згодом показники смертності бджіл в цих варіантах практично вирівнюються.

4. Мікроскопічний аналіз показав, що піддослідні бджоли, починаючи з 7-го дня зараження, мали високий ступінь інвазії обома видами мікроспоридій — і *N. apis*, і *N. ceranae*.

5. У довгостроковому експерименті дози зараження бджіл спорами обох видів мікроспоридій — і *N. apis*, і *N. ceranae* — не впливають на показники смертності бджіл, однак відображаються на термінах їх відмирання: високі інвазійні навантаження скорочують їх, а низькі, навпаки, викликають високу смертність наприкінці життєвого циклу бджіл. Припускаємо, що кількість поколінь *N. apis* до загибелі бджіл обумовлена дозою патогена й енергетичними запасами хазяїна.

## Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого визначення схеми лікування бджіл за нозематозу, спричиненого спорами *Nosema apis* та *Nosema ceranae*.

1. Aronstein K., Cox E., Saldivar, Webster T. Comparative studies of two nosema species in honey bees. *American Bee Health Journal*, July 26, 2013, pp. 507–518.

2. Bacandritsos N., Granato A., Budge G., Papanastasiou I., Roinioti E., Caldon M., Falcato C., Gallina A., Mutinelli F. Sudden deaths and colony population decline in Greek honey bee colonies. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2010, no. 105 (3), pp. 335–340.

3. Chen Y., Evans J., Zhou L., Boncristiani H., Kimura K., Xiao T., Litkowski A., Pettis J. Asymmetrical coexistence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2009, no. 101 (3), pp. 204–209.

4. Csáki T., Heltai M., Markolt F., Kovács B., Békési L., Ladányi M., Péntek-Zakar E., Meana A., Botás C., Martín-Hernández R., Higes M. Permanent prevalence of *Nosema ceranae* in honey bees (*Apis mellifera*) in Hungary. *Acta Veterinaria Hungarica*, 2015, no. 63 (3), pp. 358–369.

5. Elfymova T. F. Optimum conditions for mass production of spores of microsporidia of the genus *Vairimorpha* on cabbage scoop. Author's abstract. dis. cand. biol. sciences, Alma-Ata, 1985, 16 p.

6. Fries I., Feng F., Silva A., Slemenda S., Pieniazek N. *Nosema ceranae* n. sp. (*Microsporida*, *Nosematidae*), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (*Hymenoptera*, *Apidae*). *European Journal of Protistology*, 1996, no. 32, pp. 356–365.

7. Grobov O. F., Smirnov A. M., Popov E. T. *Diseases and pests of honeybees*. A handbook. Agropromizdat, 1987, pp. 1–334. (in Russian)

8. Ignatieva A. N., Zinatullina Z. A., Tokarev Y. S. The spread of pathogens honeybee *Nosema* in the European part of Russia. *Materials of the International Youth Conference "Infectious diseases of arthropods"*, St. Petersburg, Pushkin, 25–29 March, 2012, pp. 24–27.

9. Kasprzak S., Topolska G. *Nosema ceranae* (Eukaryota: Fungi: Microsporea) — a new parasite of western honey bee *Apis mellifera* L. *Wiadomosci Parazytologiczne*, 2007, no. 53 (4), pp. 281–284.
10. Klee J., Besana A., Genersch E., Gisder S., Nanetti A., Tam D., Chinh T., Puerta F., Ruz J., Kryger P., Message D., Hatjina F., Korpela S., Fries I., Paxton R. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2007, no. 96, pp. 1–10.
11. Malone L. A., Giaccon H. A., Newton M. R. Effect of *Nosema apis* on longevity of caged Honey bees (*Apis mellifera*). 12<sup>th</sup> Congress of the International Union for the Study of Social Insects JUSSI, Paris, Sorbonne, August 21–27, 1994, p. 465.
12. Martin-Hernández R., Meana A., Prieto L., Salvador A., Garrido-Bailón E., Higes M. Outcome of colonization of *Apis mellifera* by *Nosema ceranae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 2007, no. 73, pp. 6331–6338.
13. Mendoza Y., Diaz-Cetti S., Ramallo G., Santos E., Porrini M., Invernizzi C. *Nosema ceranae* Winter Control: Study of the Effectiveness of Different Fumagillin Treatments and Consequences on the Strength of Honey Bee (*Hymenoptera: Apidae*) Colonies. *Journal of Economic Entomology*, 2016, pp. 1–228.
14. Pavlichenko (Odnosum) H., Yefimenko T. The lifespan of bees, depending on the dose of infection by microsporidia *Nosema apis* Zander. Materials of the International Youth Conference “Infectious diseases of arthropods”, St. Petersburg, Pushkin, 25–29 March, 2012, pp. 50–51. (in Russian)
15. Ritter W. *Nosema ceranae*. Asiatischer Nosema-Erreger festgestellt. Neu verbreitet oder erst jetzt entdeckt. *ADIZ, die Biene, der Imkerfreund* (Zeitschrift der Landesverbände), 2006, no. 3, p. 7.
16. Roudel M., Aufauvre J., Delbac F., Blot N. New Insights On The Genetic Diversity Of the Honey-bee Parasite *Nosema Ceranae* Based On the Multi-locus Sequence Analysis. XXXXIII International Apicultural Congress, Kyiv, September 28 — October 4 2013, pp. 193–194.
17. Stevanovic J., Stanimirovic Z., Genersch E., Kovacevic S., Ljubenkovic J., Radakovic M., Aleksic N. Dominance of *Nosema ceranae* in honey bees in the Balkan countries in the absence of symptoms of colony collapse disorder. *Apidologie*, 2010, no. 42, pp. 49–58.
18. Tokarev Y. S., Ignatieva A. N., Zinatullina Z. A. Molecular diagnostics of *Nosema*. *Beekeeping*, 2010, no. 5, pp. 18–19.
19. Voronin V. N., Issy I. V. About the methods of working with microsporidia. *Parasitologia*, 1974, no. 3, pp. 272–273. (in Russian)
20. Yefimenko T., Bodnarchuk L. Some properties of host parasite interactions between honey bees from different generations and their microsporidian parasite *Nosema apis*. 12<sup>th</sup> Congress of the International Union for the Study of Social Insects IUSSI, Paris, Sorbonne, August 21–27, 1994, p. 348.
21. Yefimenko T. M. Determination of lethal doses of exposure and time of microsporidia *Vairimorpha antheraeae* for caterpillars of scoop (*Noctuidae*). Tez. doc. V Congress, Vitebsk, September, 1992, p. 59. (in Russian)
22. Yefimenko T., Odnosum H., Tokarev Y., Ignatieva A. *Nosema ceranae* (*Microspora*, *Nosematidae*) — a honey bee parasite in Ukraine. *Ukrainian entomological journal*, 2014, no. 2 (9), pp. 71–76.
23. Yoshiyama M., Kimura K. Distribution of *Nosema ceranae* in the European honeybee, *Apis mellifera* in Japan. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2011, no. 106 (2), pp. 263–267.
24. Zander E. Tierische Parasiten als Krankheitserreger bei der Biene. *Leipziger Bienenzeitung*, 1909, no. 24, pp. 147–150.
25. Zinatullina Z. A., Ignatieva A. N., Zhigileva O. N., Tokarev Y. S. “Asian” *Nosema* in Russia. *Beekeeping*, 2011, no. 10, pp. 24–26.