

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЬОТКОВОЇ ПРИСТАВКИ З ОПРОМІНЮВАЛЬНИМ МОДУЛЕМ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО СПЕКТРА

Санін Ю. К.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Представлено результати лабораторних досліджень льоткової приставки з опромінювальним модулем УФ спектру для боротьби з варроатозом бджіл.*

**Постановка проблеми.** За оцінками вітчизняних і міжнародних фахівців екологія середовища життєдіяльності бджолосімей не є задовільною. Цей фактор обумовлює поширення їх захворювання варроатозом на території України та за її межами. Слід зазначити, що відомі засоби і способи боротьби з варроатозом бджіл зводяться виключно до локального зниження чисельності кліщів до рівня, який не спричиняє значної пагубної дії на бджолосім'ю. Адаптація і резистентність кліщів Варроа деструктор до хімічних та біологічних препаратів, які застосовуються для їх знищення, сприяли тому, що вчені та спеціалісти галузі бджільництва багатьох країн світу вимушені докладати значних зусиль для розробки нових альтернативних методів і засобів боротьби з цим захворюванням.

Отже, для вирішення загальної проблеми оздоровлення галузі бджільництва і кожної бджолосім'ї окремо від варроатозу особливої актуальності набувають ресурсощадні безмедикаментозні променеві електротехнології, а саме застосування установок з використанням джерел оптичного ультрафіолетового (УФ) спектру випромінювання здатних ефективно протистояти розповсюдженню і розвитку патогенної мікрофлори і фауни, забезпечуючи збереження і нарощування біопотенціалу бджолосімей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В процесі дослідження використані загальні методи абстракції, узагальнення, системного підходу до явищ, що вивчаються, а також методи математичної статистики. Зокрема, у лабораторних умовах використано метод планування факторного експерименту уточнення технологічно-оптичних показників процесу опромінення бджоли та кліща Варроа електромагнітним випромінюванням ультрафіолетового спектру (довжина хвилі опромінення, доза опромінення, кількість ультрафіолетових світлодіодів для розрахункової інтенсивності опромінення, тривалість опромінення).

Огляд науково-технічної літератури свідчить, що застосування електротехнологій у галузі тваринництва виходить на якісно новий рівень щодо створення більш ефективного оптичного середовища, в якому можуть перебувати сільськогосподарські тварини у виробничих спорудах агропромислових комплексів. Однак результативність в застосуванні цих технологій ще не знайшла достатньо широкого розповсюдження у галузі бджільництва. Дослідженню питань присвячених впливу оптичних випромінювань на біоенергообмінні процеси тварин, в тому числі і бджіл, присвятили свої публікації Гапонова В.С. [1], Охтсука К. [2], Занк С. У. [3], Масатоші Хорі. [4] і багато інших вчених і практиків.

В той же час системний аналіз досліджень присвячених розробці безмедикаментозних методів і засобів боротьби з патогенною флорою і фауною в бджільництві дозволяє стверджувати, що на сьогоднішній день відсутня загальна методологія і не визначені обґрунтовані критерії щодо вибору спектрального складу джерел ультрафіолетового випромінювання підвищеної ефективності у процесах боротьби з кліщем Варроа деструктор. Систематизації даних стосовно кількісних і якісних характеристик впливу на живі організми ультрафіолетового випромінювання перешкоджає відсутність у багатьох експериментальних дослідженнях відомостей стосовно умов і інструментарію проведення експерименту, що не сприяє в достатній мірі можливості порівняння та відтворення окремих експериментів, а відповідно і можливості прогнозування кінцевих показників продуктивності відомих способів і засобів. Отже, проблема ефективного використання джерел ультрафіолетового випромінювання з точки зору впливу на фізіологічні процеси кліща Варроа деструктор та установок які б реалізували цей вплив, сприяючи збереженню та нарощуванню біопотенціалу бджолосімей є наразі актуальною і такою, що має велике народногосподарське значення та потребує подальшого вивчення і більш широкого впровадження в виробничу практику спеціалізованих господарств.

**Мета статті.** Метою даного дослідження є розробка методології застосування засобів на основі моделювання біологічного ефекту щодо боротьби з варроатозом з застосуванням УФ, для забезпечення підвищення продуктивності галузі бджільництва.

**Основні матеріали дослідження.** Для вивчення технологічного процесу оздоровлення бджолосімей від варроатозу з застосуванням льоткової приставки з опромінювальним модулем ультрафіолетового (УФ) спектру, була розроблена і виготовлена фізична модель установки, яка дозволила провести експериментальні дослідження за програмою, визначення продуктивності пристрою, якості його роботи, енергоємності процесу, конструктивних розмірів, режиму роботи.

Дослідження функціонування льоткової приставки з опромінювальним модулем УФ спектру і обґрунтування її раціональних конструктивно-оптичних параметрів не можливе без усебічного вивчення впливу основних оптичних показників УФ випромінювання на бджіл, уражених варроатозом. Для виявлення лікувального ефекту запропонованої конструкції льоткової приставки на пасіці науково-технічного центру фірми "Чарунка" Богодухівського району Харківської області у 2015-2016 роках з експериментальних бджолосімей було відібрано по 110 бджіл карпатської по-

роди з кліщами Варроа деструктор на тілі у кількості 1-3 шт., і сформовано з допомогою контейнерів 10 груп по 10 бджіл кожна. Потім, кожену групу із 10 бджіл пропускали через тунель льоткової приставки з фіксованими оптичними режимами, які визначались кількістю світлодіодів з УФ випромінюванням в зоні А і В та різною дозою ультрафіолетового опромінування. В експерименті були використані джерела УФ випромінювання з технічними характеристиками: інтервал довжини хвилі 305нм ÷ 265 нм, інтервал еритемного потоку  $35 \cdot 10^{-5} \div 110 \cdot 10^{-5}$  Мер, напруга джерела живлення 4 В, струм живлення 20мА ÷ 30 мА (табл. 1). Тип і параметри джерел УФ приведені на основі паспортних даних цих виробів наданих виробником.

Таблиця 1 - Тип і технічні характеристики світлодіодів

№	Параметри	Довж. хвилі, нм	Напруга, В	Струм, А	Потужність, мВт
1	JL-SMDUV-275	275	4,8-7	20	0,5-1,5
2	SMD 5050	265	7-8,5	20	0,2-0,5
3	Deep UV	280	4,8-7	20	0,5-1
4	CUDI AFIC	310	6	20	1,3
5	CUD 8AFIC	275	6	20	1,9
6	TW-UVP8D	285	6	25	-
7	High Power TO39	290	5,8-7	30	-
8	High Power UVB LED	305	4,5-6,5	20	-
9	TO39 UV LED	300	5,5-7,5	20	-
10	Ball Len TO39	295	5,5-7,5	20	-

З метою перевірки коректності і адекватності математичних моделей були виконані співставлення результатів теоретичних і експериментальних досліджень. Визначення похибки апроксимації, встановлювалось за критерієм Фішера  $F_{\phi e}$  при умові задоволення нерівності:

$$F_{\phi e} \leq F_{\phi T} \quad (1)$$

де  $F_{\phi e}$  - експериментальне значення критерію Фішера;

$F_{\phi T}$  - теоретичне значення критерію Фішера.

В результаті виконаних розрахунків з використанням рівнянь розробленої математичної моделі і даних експериментальних досліджень побудовані теоретичні і експериментальні залежності біодози яка діє на кліща в функції довжини хвилі опромінення при дозах А = 0,6, А = 0,5; А = 0,4; А = 0,3; А = 0,2 від порогового значення (рис. 1).

Для визначення похибки апроксимації було виконано дев'ять серій експериментальних досліджень у двох повторюваннях за вибраними параметрами. У результаті виконаних розрахунків експериментальне значення критерію Фішера для кожної дози А опромі-

нення від порогового значення біодози зведене в табл. 2.

Порівнянням експериментального значення критерію Фішера із теоретичним підтверджена адекватність математичної моделі з довірчою ймовірністю 95%, оскільки експериментальний критерій Фішера менше табличного. Значення оптимальних параметрів УФ опромінування (довжина хвилі, потужність, експозиція), для дії на кліща Варроа з летальним виходом, були визначені на основі багатofакторного експерименту, в якому в якості відгуку опромінення кліщів була взята біодоза, яку отримали кліщі при переміщенні бджіл через тунель льоткової приставки.

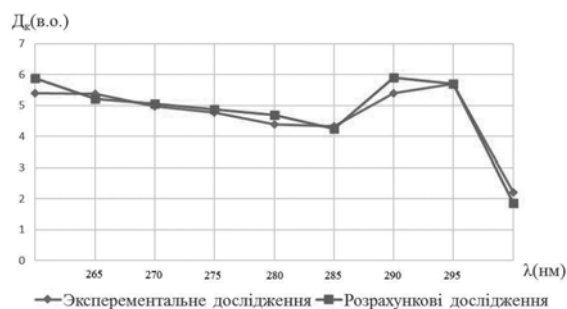


Рисунок 1 - Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень при дозі А = 0,6 від порогової біодози

Таблиця 2 - Експериментальне значення критерію Фішера

Від порогової біодози	A=0.6	A=0.5	A=0.4	A=0.3	A=0.2
$F_{\phi e}$	1,22	1,066	0,996	0,973	0,99
$F_{\phi e} \leq F_{\phi T}$	1,22 < 4,26	1,066 < 4,26	0,996 < 4,26	0,973 < 4,26	0,99 < 4,26

В процесі дослідження, результат експерименту визначався трьома незалежними змінними та однією залежною і був представлений як багатofакторний експеримент з вісьмома точками плану та двократним повторенням дослідів у кожній точці. Експеримент такого типу класифікується як повнофакторний (ПФЕ), до якого можна застосувати регресійний аналіз множинної лінійної регресії типу 2<sup>3</sup>. При використанні стандартної методики побудови планів другого порядку були сформовані матриці: планування експерименту, розрахунку коефіцієнтів регресії, визначення дисперсії адекватності та результатів обробки даних. Після проведення замірів та розрахунків для дози А=0,6 від порогового значення біодози одержано рівняння регресії (2).

$$y = 2,2 - 0,08x_1 + 0,079x_2 - 0,21x_3 + 0,079x_1x_2 + 0,063x_1x_3 + 0,075x_2x_3 + 0,714x_1^2 + 0,934x_2^2 + 1,256x_3^2 \quad (2)$$

де у – різниця біодоз між вимірюваними і розрахунковими;

$x_1$  – довжина хвилі УФ випромінювання;

$x_2$  – еритемний потік;

$x_3$  – термін опромінення кліщів.

При виконанні умови Кохрена  $g_{\max} \leq g_r$  ( $0,223 < 0,47$ ) експеримент може бути визнаним відтворюваним. Обчислення коефіцієнтів регресії та перевірка значимості кожного з них при значенні  $\alpha = 0,01$  по критерію Стюдента дало можливість ідентифікувати об'єкт дослідження всі коефіцієнти у рівнянні (2) значимі.

При цьому на основі перевірки отриманих за допомогою даного рівняння результатів щодо адекватності по критерію Фішера можна стверджувати, що це рівняння описує реальний процес, і тому дає можливість оцінити характер впливу кожного з трьох факторів на функцію відгуку.

Крім того, стало можливим практичне застосування отриманої моделі для оцінки прогнозу значень області варіювання параметрів  $x_i$ . Для знаходження оптимальних параметрів опромінення біооб'єктів представлена система рівнянь, отриманих шляхом прирівнювання до нуля значень градієнтів компонент, розрахованих за виразом (3):

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} = \epsilon_i + 2\epsilon_{ij}x_j + \sum_{i=1}^n \epsilon_{ij}x_j = 0, \quad (3)$$

де  $x_i, x_j$  – кодоване значення фактору, по якому взята похідна і взаємодіючих з ним, відповідно;  $\epsilon_i, \epsilon_{ii}, \epsilon_{ij}$  – коефіцієнти регресії.

Диференціювання (3) дозволило отримати систему рівнянь (4):

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= -0,08 + 0,079x_2 + 0,063x_3 + 1,428x_1 = 0; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= 0,079 + 0,079x_1 + 0,075x_3 + 1,868x_2 = 0; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= -0,21 + 0,063x_1 + 0,075x_2 + 2,506x_3 = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

В результаті рішення системи рівнянь (4) отримані значення фактору в екстремальній точці  $x_1 = 0,06$ ,  $x_2 = -0,05$ ,  $x_3 = 0,08$ , що відповідає таким значенням натуральних параметрів: довжина хвилі 300 нм, еритемний потік  $106,4 \cdot 10^{-5}$  Мер, термін дії опромінення 4 с, кількість світлодіодів 8 шт. с технічними характеристиками TO39 UV LED, 5,5-7,5 В, 20 мА.

У результаті досліджень впливу різних режимів опромінення бджіл уражених варроатозом з застосуванням модуля льоткової приставки з УФ випромінюванням та їх аналізу встановлено, що оптичний режим (довжина хвилі 300 нм і 8 світлодіодів TO39 UV LED) демонструє максимальний ефект і передбачає максимальну кількість відпавших кліщів Варроа з тіла бджіл, які було опромінено у тунелі льоткової приставки.

**Висновки.** З наведеного матеріалу витікає:

1. У результаті проведених досліджень впливу різних режимів з дозами  $A = 0,6 \div A = 0,2$  від порогового значення біодози опромінення бджіл уражених ва-

рроатозом встановлено, що оптичний режим (довжина хвилі 300 нм і 8 світлодіодів, установлених в опромінювальному модулі льоткової приставки TO39 UV LED) забезпечує очікувану результативність опромінення в вигляді максимальної кількості відпавших кліщів Варроа з тіла бджіл, яких було опромінено.

2. Виконані лабораторні дослідження стали реальною основою для підтвердження адекватності розроблених математичних залежностей щодо визначення оптимальних конструктивних параметрів льоткової приставки і ефективних біоенергетичних параметрів джерел УФ випромінювання.

3. Проведені дослідження являються підґрунтям для подальшого визначення залежності продуктивності процесу боротьби з варроатозом в межах бджологосподарств, з використанням запропонованої конструкції льоткової приставки забезпеченої модулем УФ випромінювачів для боротьби з варроатозом бджіл.

### Список використаних джерел

1. Гапонова В. С. Некоторые данные по варроатозу пчел и борьбе с ним / В. С. Гапонова, В. Н. Мельшк // Сб. МОИП: Варроатоз пчел. - М.: Наука, 1977. - С. 36-37.

2. Ohtsuka K. Deleterious effects of UV-B radiation on herbivorous spider mites They can avoid it by remaining on lower leaf surfaces, Environ / K. Ohtsuka, M. Osakabe // Entomb. – 2009. - № 38. – P. 920-929.

3. Zhanq C. Y. UV-A exposures on longevity and reproduction in *Helicoverpa armiger*, and on the development of its F generation. / C. Y. Zhanq, J. Y. Menq // Zhu and Lei C.L. Insect Sai. 18, 2011. - P. 697-702.

4. Masatoshi Hori. Lethal effects of short-wavelength visible light on insects. / Hori Masatoshi, Shibuya Kazuki // Scientific Reports. ([www.nature.com/scientific-reports](http://www.nature.com/scientific-reports)) 4, 7383; DOI: 10.1038/srep-07383 (2014).

### Аннотация

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕТКОВОЙ ПРИСТАВКИ С ОБЛУЧАТЕЛЬНЫМ МОДУЛЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО СПЕКТРА

Санин Ю. К.

*Представлены результаты лабораторных исследований летковой приставки с облучательным модулем УФ спектра для борьбы с варроатозом пчел.*

### Abstract

#### EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE PETROLEUM ACCESSORIES WITH THE IRRITABLE MODULE OF THE ULTRAVIOLET SPECTRUM

Y. Sanin

*The results of laboratory studies of a pilot attachment with an irradiation module of the UV spectrum for combating varroatosis of bees are presented.*