

## ГІГІЄНІЧНА АКТИВНІСТЬ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ НА ОКРЕМИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ

А.М. Атарщикова<sup>1,2</sup>, Т.Ю. Сенчук<sup>1,2</sup>, О.М. Жуковський<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» (м. Київ, Україна)

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: [anniatara@gmail.com](mailto:anniatara@gmail.com); ORCID: 0000-0002-3343-5612

e-mail: [senchuktanya.bee@gmail.com](mailto:senchuktanya.bee@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5272-8947

<sup>3</sup> Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН

(с. Чубинське, Бориспільський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: [o\\_zhukorskiy@ukr.net](mailto:o_zhukorskiy@ukr.net); ORCID: 0000-0002-6515-7004

*Висвітлені основні результати оцінки гігієнічної активності бджіл та припущено, що забруднення впливає на поведінкові патерни бджіл та загальну захисну імунну відповідь організму на проникнення зараження. Адже, у Харківській, Сумській і Миколаївській обл. був відзначений підвищений рівень забруднення, у зв'язку із наближенням до зони проведення бойових дій, зокрема фіксації прильотів на територію пасіки, обстрілів та переміщення важкої військової техніки. Нами припущено, що ослаблення резистентності медоносних бджіл до захворювань та погіршення загальної імунної відповіді організму можуть відбуватися внаслідок забруднення навколишнього природного середовища, зокрема корму, пилку та нектару, різними токсичними речовинами. Показано, що найкращі показники активності гігієнічної поведінки бджіл відзначено для території, з найменшим антропогенним навантаженням та найбільш віддаленою від зони проведення бойових дій (Вінницька обл.). Подальші дослідження полягають у відборі бджіл та продуктів бджільництва (мед, обніжжя) для проведення лабораторних досліджень задля оцінки можливості їх використання в біоіндикації забруднення довкілля. Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що в одній групі бджіл показники часу повного видалення загиблого розплоду за 2022–2023 рр. мали нерівномірний характер. Доволі низькі показники гігієнічної активності за дворічний період були відзначені в 2- та 3-й групах бджіл, оскільки середнє значення часу повного видалення загиблого розплоду становило 22,7 і 23,5 год, відповідно. Найменші показники часу видалення загиблого розплоду за весь період спостереження відзначені у 5-й групі бджіл. Однак середні показники цієї групи на 6,5% нижчі, ніж на контролі. Під час вивчення гігієнічної поведінки бджолоосімей нами виявлено залежність ефективності видалення загиблого розплоду від сили сім'ї. Кореляційна залежність між значеннями гігієнічної активності бджіл та сили сім'ї, отриманими у 2022 р. були відмічені у 2-й ( $R=0,95$ ) та 3-й ( $R=0,78$ ) групах. У 2023 р. сильний зв'язок між показниками часу видалення 100% личинок і силою сім'ї визначено у 5-й ( $R=0,74$ ) та 1-й групах ( $R=0,72$ ).*

**Ключові слова:** захисні механізми бджіл, очищення вулика, забруднення, гігієнічна поведінка бджіл, апііндикація, українська степова порода.

### ВСТУП

Кліматичні зміни та антропогенне навантаження на екосистеми негативно впливають на стан популяцій комах-запилювачів, зокрема, через погіршення кормової бази (зменшення біорізноманіття та продуктивності рослин-медоносів) [1; 2]. До того ж ці зміни збільшують відсоток ризиків вимирання цих видів. Чинник зміни клімату вплинув на показники динаміки чисельності популяцій медоносної бджо-

ли в Україні. Наприклад, за період 2005–2019 рр. кількість бджолиних сімей зменшилася від 3369,0 тис. до 2633,2 тис. [3].

Використання медоносної бджоли як біологічного індикатора можливе через вивчення таких критеріїв, як морфологічні, екологічні та поведінкові характеристики популяцій цього виду, включаючи їх продуктивність, яка залежить від стану навколишнього природного середовища [1]. Так, зниження температури повітря впродовж цвітіння ріпаку озимого приводило

до зниження виробництва меду до 76% і бджолиного обніжжя до 56%, за словами Лавренко С.О. та ін. [2].

Відомо, що на захисні механізми бджіл та проникнення патогенів чи забруднення у вулик і в організм бджіл впливає кількість особин у сім'ї, швидкість, повнота очищення вулика, а також екологічні чинники [1]. Бджоли активно очищають вулик не лише від тіл особин, що загинули, а й від хворих особин, розплоду, видаляючи їх із гнізда [4].

Отримані дані про гігієнічну поведінку бджіл можуть слугувати не лише індикатором забруднення, але й цінною інформацією для вивчення впливу забруднень на життєдіяльність бджіл та їхню спроможність забезпечувати екосистемні послуги.

**Мета досліджень** — дослідити активність гігієнічної поведінки бджіл на досліджуваних пасіках задля використання цих сімей для біоіндикації забруднення довкілля.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Бджоли є основними запилювачами в більшості екосистем, а медоносні бджоли (*Apis mellifera* L.) є важливими постачальниками екосистемних послуг і продуктів запилення. Зміна клімату є однією з головних загроз для медоносних бджіл. Зміна клімату є глобальним і багатограним явищем, що серйозно позначиться на поширенні й чисельності широкого спектра екосистем і організмів, включаючи рослини та запилювачів. Більш високі температури можуть віддзеркалювати динаміку популяції видів комах безпосередньо через вплив

на виживання, життєвий цикл, плодючість і розселення. Зміна клімату діє на комах-запилювачів, їх активність і ефективність запилення, зі значним скороченням популяції бджіл та біорізноманіття [1; 2].

Kerr J.T., Pindar A., Galpern P. [5] зазначають, що зміна клімату різко скоротила місяця проживання бджіл і природні джерела їжі. Усі зміни клімату прямо чи опосередковано змінюють місцеві засоби до існування медоносних бджіл і впливають на їхнє здоров'я та благополуччя.

За даними міжнародної організації COLOSS, середній показник загальних втрат бджолиних колоній після зимівлі 2016–2017 рр. на території країн-учасниць становив 20,9%. В Україні втрати сягали 17,9%, що у 1,8 раза вище порівняно з зимівлею 2015–2016 рр. (9,9%). У США втрати становили 21,1%, що є найнижчим показником за останні 12 років. У Канаді мали втрати 25,7%, що є трохи нижче середнього за останні 10 років [6–8]. Втрати колоній медоносних бджіл за останні п'ять років наведено в *табл. 1*.

Подальші чинники були пов'язані зі втратами медоносних бджіл у різних частинах світу: хвороби медоносних бджіл, паразити, хімічні речовини у вулику, агрохімікати, генетично модифіковані (ГМ) рослини, зміни в землекористуванні, практика бджільництва, а також зміна клімату [9]. Хоча втрати колоній часто приписують розладу розпаду колоній — синдрому, пов'язаному зі втратою дорослих працівників, відсутністю мертвих або хворих бджіл у колонії або поблизу неї, а також затримкою вторгнення падальщиків гнізд — цей розлад важко визначити, і його при-

Таблиця 1. Втрати медоносних бджіл у світі, %

Країна	Роки				
	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
Україна	17,9	15,1	16,2	18,4	19,7
Європа	20,9	16,6	16,4	17,6	18,9
США	21,1	30,7	37,7	38,6	31,1
Канада	25,7	25,1	25,4	26,8	24,6

*Примітка:* дані підсумовані джерел [6–8].

чини залишаються незрозумілими. Однак, очевидно, що багато втрат колоній виявлені з паразитами, поодинокі, разом або в поєднанні з іншими чинниками, такими як пестициди [10].

Імунітет у медоносних бджіл — це комплекс взаємопов'язаних процесів, що поєднують як захист на рівні сім'ї, так і вроджену систему окремої бджоли. Різноманітні та комбіновані стреси, особливо спричинені харчуванням та варроа, можуть мати несприятливі наслідки, що призводять до ще більших проблем. Ми повинні прагнути зменшити стрес для наших бджіл, наскільки це можливо.

Гігієнічна поведінка є важливою формою соціального імунітету для низки видів соціальних комах [11]. Термін гігієнічна поведінка було введено Ротенбюлером (1964 р.) для опису процесу виявлення та ліквідації хворого розплоду дорослими медоносними бджолами (*Apis mellifera* L.) [12]. Поведінкова послідовність розкривання та видалення розплоду, як описано вперше (Rothenbuhler, 1964), є однаковою незалежно від того, чи розплід хворий, уражений кліщами чи мертвий, але цей руховий патерн може бути викликаний виявленням різних запахів, пов'язаних зі станом здоров'я розплоду. У колоніях медоносних бджіл видалення розплоду полягає у видаленні та/або канібалізуванні дорослими бджолами ненормального розплоду з окремих комірок, неушкоджених або по частинах, і викиданні залишків за межі вулика.

Для комах, які живуть у великих групах, гігієнічна поведінка є важливим чинником збереження здоров'я. Вона дає можливість запобігати розповсюдженню хвороботворних мікроорганізмів і паразитів серед членів колонії. Одним із способів гігієнічної поведінки є так звана соціальна імунізація, коли робочі комахи вбивають або видаляють інфікованих або заражених особин із колонії. Це допомагає захистити суперорганізм, який складається з усіх комах одного виду, від інфекції. Цей процес схожий на те, як імунна система людини або тварини вбиває або виводить інфіковані клітини з організму.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження активності гігієнічної активності бджіл проводилися на пасіці ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокіповича», яка розташована в с. Яришів, Могилів-Подільського р-ну, Вінницької обл. (Лісостеп); на пасіках, що розташовані на деокупованих територіях: Харківська обл., Чугуївський р-н, с. Шестакове та Чернігівська обл., Новгород-Сіверський р-н; та пасіках, що розташовані на території, поблизу проведення бойових дій Миколаївська обл., Баштанський р-н, с. Новоолександрівка та Сумська обл., м. Лебедин.

Дослідження здійснювалися впродовж двох років (2022–2023 рр.) на пасіках, які розташовані далеко від великих промислових центрів на відстані 20–40 км, але в безпосередній близькості від автошляхів з інтенсивним рухом (на відстані не більше 4 км).

Під час проведення досліджень зважали на природно-кліматичні умови, стан бджолиних сімей. Оцінюючи стан бджолиних сімей, нами враховувалася їхня сила, кількість запечатаного розплоду. Визначалися стан різновікового розплоду бджіл, стан кришечок запечатаного розплоду.

Гігієнічну здатність бджіл оцінювали «голковим» тестом у триразовій повторності. Для цього в кожній із досліджуваних родин на стільнику з печатним розплодом штучно понівечили сотню запечатаних кришечками комірок розплоду й підраховували кількість вичищених комахами комірок упродовж 4-х, 8-ми, 12-ти, 24-х год [4].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З огляду на це, ми провели експерименти, щоб вивчити активність гігієнічної поведінки бджіл в умовно забруднених зонах. Для цього експерименту було сформовано чотири дослідні групи та одну контрольну: (1 — Вінницька обл. контроль; 2 — Харківська обл.; 3 — Миколаївська обл.; 4 — Сумська обл.; 5 — Чернігівська обл.). Час очищення стільників, а також видалення загиблих личинок на всіх етапах у піддос-

лідних групах бджіл, порівняно з контролем, значно скоротився, адже середній показник очищення стільників із розплодом становив 18 год у контрольній групі (Вінницька обл.).

Під час експерименту були виявлені групи зі слабо вираженою гігієнічною поведінкою, оскільки час повного видалення загиблого розплоду становив 23–24 год (табл. 2).

Як видно, з табл. 2 у сім'ях 2- та 3-ї груп, початок очищення комірок було відзначено через 6 год. У 1- та 5-й групах чистка комірок була зареєстрована через 4 год. У 4-й групі початок видалення загиблих личинок через 5 год. Повне видалення загиблих личинок у 2-ї групи бджіл відзначали через 23 год, у 4-й — через 24 год, у 4- та 5-й групах — через 20 год, на контролі 100% видалення загиблих личинок відбувалося через 18 год.

Згідно з попередніми дослідженнями Гречки Г.М. та ін. (2021) спостерігаємо, що українські степові бджоли справді швидко починають очищувати комірки на стільниках від загиблих личинок. У досліджуваних бджолиних сім'ях української степової породи на територіях 1, 4, 5 початок очищення комірок був зареєстрований до 5 год [4]. Повне видалення (100%) загиблих личинок у бджолиних сім'ях української степової породи відмічали через 18–20 год для цих територій. Для більш забруднених територій, як пасіки з Харківської та Миколаївської обл., початок видалення зафіксовано через 6 год, а повне видалення через 23–24 год відповідно. Що може бути спричинено значною забрудненістю на цих територіях.

Для поглибленого вивчення механізмів природної резистентності медоносних бджіл, ми простежили динаміку показників сили бджолосімей. Згідно з даними, наведеними в табл. 2, в контрольній групі за 2022–2023 рр. мали невеликі коливання показників сили бджолосімей. Так, у 2023 р. його значення були мінімальними і становили  $7,10 \pm 0,34$  вулички.

У 2022 р. показник сили сім'ї у 2-й групі був достовірно ( $p < 0,001$ ) нижчим за контроль на 21,3%, у 5-й — на 9,8%. Мінімально-го значення сила сім'ї досягла у 3-й групі, де її показник був нижчим за контрольний на 24,1%. У 2023 р. нами було відзначено, що сила сім'ї у 5-й групі зросла на 18,7%.

У 4- та 2-й групах спостерігається тенденція до збільшення сили сім'ї щодо значень 2023 р. Щодо контролю цей показник у 4-й групі достовірно ( $p < 0,05$ ) зменшився на 19%, а у 2-й групі ( $p < 0,001$ ) — на 18,5% (табл. 3).

У табл. 4 наведено результати вивчення гігієнічної активності медоносних бджіл.

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що в одній групі бджіл показники часу повного видалення загиблого розплоду за 2022–2023 рр. мали нерівномірний характер. Доволі низькі показники гігієнічної активності за дворічний період були відзначені в 2- та 3-й групах бджіл, оскільки середнє значення часу повного видалення загиблих личинок становило 22,7 і 23,5 год, відповідно. Найменші показники часу видалення загиблого розплоду за весь період спостереження відзначені у 5-й групі бджіл. Однак середні

Таблиця 2. Показники активності гігієнічної поведінки бджіл

Територія (групи)	Сила сім'ї, кількість вуличок	Показник активності гігієнічної поведінки, год		
		початок видалення	50% личинок видалено	100% личинок видалено
1 (контроль)	9	4	9	18
2	7	6	10	23
3	8	6	10	24
4	8	5	9	20
5	9	4	10	20

Таблиця 3. Результати дослідження сили бджолоїної сім'ї

№ групи (території)	Сила бджолоїної сім'ї, кількість вуликів	
	2022 р.	2023 р.
1 (контроль)	8,17±0,22	7,10±0,34
2	6,43±0,29**	7,13±0,64
3	6,20±0,06	7,40±0,16
4	8,27±0,13	6,93±0,32
5	7,37±0,36**	8,43±0,14

Примітка: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,001$  — щодо контролю.

показники цієї групи на 6,5% нижчі, ніж на контролі.

Під час вивчення гігієнічної поведінки бджолосімей нами виявлено залежність ефективності видалення загиблого розплоду від сили сім'ї. Кореляційна залежність між значеннями гігієнічної активності бджіл та сили сім'ї, отриманими у 2022 р. були визначені у 2- ( $R=0,95$ ) та 3-й ( $R=0,78$ ) групах. У 2023 р. сильний зв'язок між показниками часу видалення 100% личинок і силою сім'ї відмічено у 5- ( $R=0,74$ ), 1-й групах ( $R=0,72$ ).

Слід зазначити, що практично весь баланс показників життєдіяльності бджолосімей у роки досліджень перебував в інтервалі між особливо посушливим 2023 р. та більш сприятливим 2022 р.

### ВИСНОВКИ

На основі проведених наукових досліджень можна визначити, що гігієнічна активність бджіл — важливий показник їхнього фізіологічного та поведінкового стану. Встановлено, що забруднення навколишнього середовища має значущий вплив на цей аспект життєдіяльності бджіл. У регіонах, де відзначено підвищений рівень забруднення, зокрема у Харківській, Сумській та Мико-

Таблиця 4. Результати дослідження гігієнічної активності бджіл

№ групи (територія)	Час видалення 100% личинок, год	
	2022 р.	2023 р.
1 (контроль)	20,27±0,91	19,07±0,99
2	22,83±0,50	22,13±0,51
3	23,83±0,27	23,14±0,49
4	20,97±0,70	20,07±0,53
5	18,67±0,47*	17,33±0,48*

Примітка: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,001$  — щодо контролю.

лаївській обл., спостерігається збільшення впливу на гігієнічну активність бджіл.

Велике значення має розгляд можливих механізмів, які призводять до ослаблення резистентності медоносних бджіл та погіршення загальної імунної відповіді їхнього організму в умовах забрудненого природного середовища. Зокрема, важливо звернути увагу на можливість накопичення токсичних речовин у пилку та нектарі рослин, що також може діяти на фізіологію бджіл та їхню взаємодію з довкіллям.

Для більш детального розгляду проблеми, подальші лабораторні дослідження бджіл та продуктів бджільництва заплановано здійснювати для виявлення наявності різних видів забруднення, як-от важкі метали та пестициди. Це дасть змогу отримати більш широке розуміння патернів гігієнічної поведінки в контексті впливу різноманітних токсинів на життєдіяльність бджіл та їхні колонії.

Отже, розширення спектра досліджень у цьому напрямі буде корисним для розуміння механізмів взаємодії бджіл із забрудненим середовищем та розробки стратегій для збереження їхнього екологічного здоров'я в умовах сучасних екологічних викликів.

### ЛІТЕРАТУРА

- Glinski Z. and Kostro K. Zespół masowego giniecia pszczół nowa groźna choroba pszczoły miodnej. *Życie Weterynaryjne*. 2007. Vol. 82 (08). P. 651–653.
- Лавренко С.О., Соболь О.М., Корбич Н.М., Кри-

- вий В.В. Напрями та перспективи використання комах-запилювачів для біоіндикації стану екосистем та змін клімату в умовах півдня України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: Аеронія і біологія*. 2022. № 47 (1).

- С. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.11>.
3. Овдієнко А.М., Овдієнко К.Т., Корбич Н.М. Бджільництво України: виробництво та експорт. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 116. Т. 2. С. 123–129. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.18>.
  4. Гречка Г.М., Сенчук Т.Ю., Пелюхня І.С. та ін. Особливості гігієнічності бджіл на тлі інших біологічних ознак. *Бджільництво України*. 2021. № 1 (6). С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.02>.
  5. Kerr J.T., Pindar A., Galpern P. et al. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*. 2015. Vol. 349. P. 177–180. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>.
  6. Федоряк М.М., Тимочко Л.І., Кульманов О.М. та ін. Втрати колоній медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.) в Україні за результатами зимівлі 2016–2017 рр. в рамках міжнародного моніторингу. *Біологічні системи*. 2018. Т. 10. Вип. 1. С. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2018.01.037>.
  7. Fedoriak M.M., Tymochko L.I., Shkrobanets O.O. et al. Results of annual monitoring of honey bee colony winter losses in Ukraine: winter 2019–2020. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series: Ecology*. 2021. Vol. 25. P. 111–124. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-10>.
  8. Gray A., Adjlane N., Arab A. et al. Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*. 2023. Vol. 62 (2). P. 204–210. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2113329>.
  9. Vercelli M., Novelli S., Ferrazzi P. et al. A Qualitative Analysis of Beekeepers' Perceptions and Farm Management Adaptations to the Impact of Climate Change on Honey Bees. *Insects*. 2021. Vol. 12 (3). P. 228. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12030228>.
  10. Brosi B.J., Delaplane K.S., Boots M. et al. Ecological and evolutionary approaches to managing honeybee disease. *Nat. Ecol. Evol.* 2017. Vol. 1. P. 1250–1262. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0246-z>.
  11. Cremer S., Armitage S.A. and Schmid-Hempel P. Social immunity. *Curr. Biol.* 2007. Vol. 17. P. 693–702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.06.008>.
  12. Spivak M. and Danka R.G. Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. *Apidologie*. 2021. Vol. 52. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00784-z>.

## REFERENCES

1. Gliniski, Z. & Kostro, K. (2007). Zespół masowego giniecia pszczol nowa grozna choroba pszczoly miodnej. *Życie Weterynaryjne*, 82 (08), 651–653 [in Polish].
2. Lavrenko, S.O., Sobol, O.M., Korbych, N.M. & Kryvyi, V.V. (2022). Napriamo ta perspektyvy vykorystannia komakh-zaplyuvachiv dlia bioindykatsii stanu ekosystem ta zmin klimatu v umovakh pivdnia Ukrainy [Directions and prospects for the use of pollinating insects for bioindication of the state of ecosystems and climate change in the conditions of southern Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia — The bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology*, 47 (1), 80–90. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.11> [in Ukrainian].
3. Ovdiienko, A.M., Ovdiienko, K.T. & Korbych, N.M. (2020). Bdzhilnytstvo Ukrainy: vyrobnytstvo ta eksport [Beekeeping in Ukraine: production and export]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk — Tavria Scientific Bulletin*, 116 (2), 123–129. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.18> [in Ukrainian].
4. Hrechka, H.M., Senchuk, T.Yu., Peliukhnia, I.S. et al. (2021). Osoblyvosti hiihiienichnosti bdzhil na tli inshykh biolohichnykh oznak [Features of the hygiene of bees against the background of other biological signs]. *Naukovo-vyrobnychiy zhurnal «Bdzhilnytstvo Ukrainy» — Scientific and Production Journal «Beekeeping of Ukraine»*, 1 (6), 12–17. DOI: <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.02> [in Ukrainian].
5. Kerr, J.T., Pindar, A., Galpern, P. et al. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349, 177–180. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaa7031> [in English].
6. Fedoriak, M.M., Tymochko, L.I., Kulmanov, O.M. et al. (2018). Vtraty kolonii medonosnykh bdzhil (*Apis mellifera* L.) v Ukraini za rezultaty zymivli 2016–2017 rr. v ramkakh mizhnarodnoho monitorynhu [Honey bee (*Apis mellifera* L.) colony losses in Ukraine after the winter of 2016–2017 within the international monitoring]. *Biolohichni systemy — Biological systems*, 10 (1), 37–46. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2018.01.037> [in Ukrainian].
7. Fedoriak, M.M., Tymochko, L.I., Shkrobanets, O.O. et al. (2021). Results of annual monitoring of honeybee colony winter losses in Ukraine: winter 2019–2020. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series: Ecology*, (25), 111–124. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-10> [in English].
8. Gray, A., Adjlane, N., Arab, A. et al. (2023). Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62 (2), 204–210. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2113329> [in English].
9. Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P. et al. (2021). A Qualitative Analysis of Beekeepers' Perceptions and Farm Management Adaptations to the Impact of Climate Change on Honey Bees. *Insects*, 12 (3), 228. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12030228> [in English].
10. Brosi, B.J., Delaplane, K.S., Boots, M. et al. (2017). Ecological and evolutionary approaches to managing honeybee disease. *Nat. Ecol. Evol.*, 1, 1250–1262.

- DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0246-z> [in English].
11. Cremer, S., Armitage, S.A. & Schmid-Hempel, P. (2007). Social immunity. *Curr. Biol.*, *17*, 693–702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.06.008> [in English].
12. Spivak, M. & Danka, R.G. (2021). Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. *Apidologie*, *52*, 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00784-z> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 07.02.2024

---