

РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ІНВАЗІЙНОГО ВИДУ, АЗІАТСЬКОГО ШЕРШНЯ *VESPA VELUTINA* (HYMENOPTERA: VESPIDAE) В ЄВРОПІ ТА МОЖЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ В УКРАЇНІ ЯК РЕАЛЬНОЇ ЗАГРОЗИ БДЖІЛЬНИЦТВУ

Фурсов В.М.¹, Клименко С.І.¹, Крешун Р.М.²

¹Інститут зоології імені І.І. Шмальгаузена Національної академії наук України
вул. Богдана Хмельницького, 15, 01054, м. Київ

²BTU Biotech company

Вінницька обл., Гайсинський р-н, м. Ладижин

ufensia@gmail.com, fialka.kyiv@gmail.com, rostyslavkreshun@gmail.com

Проведено аналіз сучасних літературних джерел щодо морфології, біології, екології, трофіки, поширення азіатського шершня, *V. velutina*, у світі та Європі, можливості його інвазії і прогнозу поширення в Україні, оцінка впливу на місцеву ентомофауну та на рівень загрози бджільництву в Україні, а також огляд варіантів моніторингу і контролю популяцій *V. velutina*. У статті розглядається сучасний стан досліджень про цей вид, описується його життєвий цикл та стадії життєвого циклу (розмноження, зимівля, формування, розселення). У статті розглядається вплив цього виду на екосистеми, економіку бджільництва та здоров'я людини (ужалення шершнів *V. velutina* потенційно смертельно небезпечно для людей з алергією). В статті обговорюються сучасні комп'ютерні кліматичні моделі розподілу видів (species distribution model, або SDM) за сучасними та майбутніми кліматичними сценаріями, що дозволяє конкретно оцінити потенційні тенденції ризику інвазії *V. velutina* в Україні. Ці моделі виявилися корисними інструментами для прогнозування розповсюдження інвазійних виду *V. velutina* в різних областях України. Обґрунтовано високу імовірність появи і поширення *V. velutina* в Україні, що становить значну загрозу бджільництву в Україні. Результатами статті встановлено необхідність найскорішої розробки методології щодо 1) визначення, встановлення суворих карантинних заходів та запобігання інтродукції *V. velutina* в Україні, 2) раннього виявлення його можливої присутності, 3) знищення популяцій на початковій стадії інвазії, 4) контролю популяцій для обмеження та пом'якшення його впливу. Застосування превентивних заходів боротьби допоможе обмежити руйнівний вплив небезпечного інвазійного виду, азіатського шершня *V. velutina*, на бджільницьку галузь та сільське господарство в цілому в Україні, особливо в умовах сучасних кліматичних та екологічних викликів. **Ключові слова:** *Vespa velutina*, Vespidae, азіатський шершень, інвазійний, карантин, загроза, бджільництво.

The spread of the invasive species, the Asian hornet *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in Europe and the possibility of its spread in Ukraine as a real threat to beekeeping industry. Fursov V., Klymenko S., Kreshun R.

The detailed review of literature data was undertaken to provide an analysis of the morphology, biology, ecology, trophic relations and distribution of the Asian hornet, *V. velutina*, in the world and Europe, the possibility of its invasion and the forecast of its spread in Ukraine, an assessment of the impact on local fauna and the level of threat to beekeeping industry in Ukraine, and an overview of options for monitoring and controlling *V. velutina* populations. The article reviews the current knowledge of this species, describes its life cycle and life history stages (reproduction, overwintering, forging and dispersal). The article reviews the impact of this species on ecosystems, on the economics of beekeeping, and on human health (*V. velutina* is potentially deadly for allergic people). The article discusses modern computer climate models of species distribution (SDM) under current and future climate scenarios, which allows to specifically assess potential trends in the risk of invasion of *V. velutina* in Ukraine. These models are proposed as useful tools for predicting the spread of invasive species, *V. velutina*, in different regions of Ukraine. It is established that the high probability of the appearance and spread of *V. velutina* in Ukraine poses a significant threat to beekeeping industry in Ukraine. The results of study of the article emphasize an urgent necessary to develop a methodology for 1) correct identification, use of quarantine measures and prevention of the introduction of *V. velutina* in Ukraine, 2) early detection of its possible presence, 3) destruction of populations at the initial stage of invasion, 4) control of populations to limit and mitigate its impact. The application of preventive control measures will help to limit the destructive influence of dangerous invasive species of Asian hornet, *V. velutina*, on beekeeping industry and agriculture as a whole in Ukraine, especially in the situation of current climate and ecological challenges. **Key words:** *Vespa velutina*, Vespidae, Asian hornet, invasive, quarantine, threat, beekeeping.

Постановка проблеми. Азіатський шершень (*Vespa velutina* Lepelletier, 1836), також відомий як жовтоногий шершень, є видом соціальних ос родини Vespidae (Hymenoptera), що походить із південно-східної Азії та зустрічається в Афганістані, Бангладеш, Бутані, Китаї, Гонконзі, Індії, М'янмі, Непалі, Пакистані, Тайвані, Таїланді, Індонезії (до о. Східний Тимор), Малайзії, Лаосі та В'єтнамі [1].

Цей вид є інтродукованим і широко розповсюдженим у ряді країн Європи та Азії інвазійним чужорідним видом соціальних ос (Vespidae, Hymenoptera). Його поширення створює відповідні екологічні та соціально-економічні наслідки. Вплив на навколишнє середовище несе загрози місцевому біорізноманіттю комах-запилювачів. Соціально-економічні наслідки включають загрози для сектора бджіль-

ництва, економічні наслідки (витрати на ліквідацію гнізд шершнів), соціальні проблеми та проблеми зі здоров'ям. Вид налічує 12 кольорових підвидів у своєму рідному ареалі, чотири на материк (auraria, divergens, variana, i nigrithorax, останній був завезений в Європу, Південну Корею та Японію) і вісім на островах (ardens, celebensis, flavitarsus, floresiana, karyni, sumbana, timorensis, velutina) [2].

Актуальність дослідження. Однією з головних небезпек, яку несе *V. velutina* як інтродукований вид, називають загрозу для людини. Укус *V. velutina* дуже болючий, а для людей, які схильні до сильних алергічних реакцій – смертельно небезпечний [3]. Крім того, імаго шершнів *V. velutina* активно полюють на домашніх медоносних бджіл (*Apis mellifera*), що завдає значних втрат бджільництву та веде до масової загибелі бджолиних колоній. Азіатські шершні живуть колоніями від кількох сотень до кількох тисяч особин. Їхні гнізда зроблені з целюлози і будуються над землею на гілках дерев. Раціон живлення личинок шершнів складається з членистоногих, зокрема комах, які використовуються як джерело білка, на додаток імаго шершнів живляться нектаром з квітів, медовою россою, стиглими фруктами, соком рослин та іноді штучними солодкими речовинами (цукром та ін.) [4]. Цей вид є одним із найбільш інвазійних видів шершнів. В Азії він був завезений на північ до Південної Кореї (в 2003 році), де став інвазійним, і, також натуралізувався на японському острові Цусіма між 2010 і 2012 роками і приблизно в 2015 році на острові Кюсю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями підтверджено, що в Європі азіатський шершень був вперше випадково завезений до Франції з товарами з Китаю в 2004 році. Вперше виявлений у департаменті Лот і Гаронна в 2004 році [5], у наступні роки вид почав поширюватися в сусідніх департаментах, колонізуючи територію 190 000 км² до 2010 року, 360 000 км² до 2012 р. і майже вся країна до 2017 р. [6]. У районі західної Франції щільність гнізд зростає в період 2007–2014 рр. до 4,81 гнізд/км² (враховуючи як міські, так і не міські райони) і до 10,23–12,26 гнізд./км² з урахуванням лише міських територій [7]. Цей інвазійний вид шершнів швидко поширився в Іспанії (2010), Португалії (2011), Італії (Лігурія, П'ємонт, Ломбардія) (2012), Великобританії (південна Англія, о. Джерсі та о. Олдерні) (2016), Бельгії (2017), як Нідерландах, Швейцарії та Люксембургу (2020) зі швидкістю від 78 до кількох сотень миль на рік [3, 8, 6]. Азіатський шершень (*V. velutina*) також був завезений на деякі середземноморські острови, включаючи Балеарські острови (о. Майорка) в Іспанії, острови Греції і Кипр [9]. Зараз поширення *V. velutina* досягло півночі Європи аж до південно-західної і північної Німеччини (Франкфурт, Гамбург), що представляє найпівнічнішу зону поширення виду та демонструє його значний інвазійний потенціал. Імаго *V. velutina* (загибле) було знайдене

у Сполучених Штатах (штаті Юта) у 2020 році [10], але у 2023 році також були знешкоджені 2 великих гнізда азіатських шершнів у штаті Джорджія [11, 12].

Новизна. Вперше проведена оцінка імовірності появи і поширення інвазійного виду, малого азіатського шершня *V. velutina*, можливості його інвазії і прогнозу поширення в Україні, як значної загрози бджільництву. Вперше проведено сучасний аналіз морфології, біології, екології, трофіки, поширення *V. velutina* у світі та Європі. Проведено оцінку впливу шершня *V. velutina* на місцеву ентомофауну та на рівень загрози бджільництву в Україні. Вперше проаналізовано варіанти моніторингу і контролю популяцій *V. velutina* в Україні. Вперше запропоновано розробити методологію щодо запобігання інтродукції *V. velutina* в Україні, раннього виявлення його можливої присутності, знищення популяцій на початковій стадії інвазії, та контролю популяцій.

Матеріал та методи. Проведено аналіз сучасних літературних та Інтернет-джерел щодо особливостей морфології, біології, екології, трофіки, поширення *V. velutina* у світі та Європі, можливості його інвазії і прогнозу поширення в Україні, оцінки впливу на місцеву ентомофауну та на рівень загрози бджільництву в Україні, і огляд варіантів моніторингу і контролю популяцій *V. velutina*.

Викладення основного матеріалу. Вид *V. velutina* Lepeletier, 1836 є одним із найбільш інвазійних серед справжніх шершнів роду *Vespa* завдяки своїй поведінковій пластичності та широким джерелам їжі. Визначити географічне походження перехоплених азіатських шершнів непросте справа. Вид *V. velutina* варіабельний у своєму забарвленні настільки, що принаймні 17 підвидів або інших названих таксонів були описані для регіональних варіацій, знайдених у південно-східній Азії [4, 13]. Забарвлення коливається від майже повністю жовтого або помаранчевого до переважно чорного і може змінюватися навіть у межах популяції [13]. Недавнє дослідження з використанням мітохондріальної ДНК і мікросателітних локусів показало, що кольорні візерунки не відповідають чітко генетичній структурі всередині виду [13]. Генетичний аналіз ідентифікував дві різні групи: одну з материкових ос з Китаю, Південно-Східної Азії, Непалу, Кашміру та північного Пакистану; інший з островів Індонезії, але кольорові візерунки поділяються паралельно або конвергентно, що свідчить про те, що колір сам по собі не може бути хорошим маркером щодо географічного походження. Метод геометричного морфометричного аналізу візерунків жилкування крил може використовуватися як допоміжний засіб для таксономічної ідентифікації крилатих комах. Було показано, що він має значний потенціал для розрізнення кольорних морф азіатських шершнів [13, 14].

Було встановлено та досліджено 12 різних кольорних морф шершнів *V. velutina*, які співіснують в Індії, Непалі, Китаї, Тайвані, В'єтнамі, Лаосі,

М'янмі, Малайзії, Індонезії [14]. Було вивчено морфологічну мінливість таких 14 таксонів: *V.v. var. velutina* Lepeletier, 1836; *V.v. var. auraria* Smith, 1852; *V.v. var. ardens* du Buysson, 1905; *V. auraria var. nigrithorax* du Buysson, 1905; *V.v. var. celebensis* Pérez, 1910; *V. mongolica var. divergens* Pérez, 1910; *V. flavitarsus* Sonan, 1929; *V. auraria flavitarsis* Ma, 1937; *V.v. floresiana* van der Vecht, 1957; *V.v. karnyi* van der Vecht, 1957; *V.v. sumbana* van der Vecht, 1957; *V.v. timorensis* van der Vecht, 1957; *V.v. variana* van der Vecht, 1957; *V. v. pruthii* van der Vecht, 1959.

Підвид, інтродукований у Європі та інших країнах Азії, де вид не є місцевим, це *Vespa velutina nigrithorax* du Buysson, 1905. Цей підвид характеризується мезотораксом від темно-коричневого до майже чорного кольору. Черевце самок, яке складається з шести видимих тергітів, які відповідають II–VII гастральним тергітам, характеризується трьома майже чорними тергітами (II–IV) з жовтим апікальним краєм, V-й тергіт майже жовтого, та VI–VII тергіти чорного кольору. Ноги темні, за винятком лапок жовтого кольору. Дорсальна та вентральна частини вусиків відповідно чорні та темно-коричневі. Відсутність жала і довші антени дозволяють відрізнити самців від робочих і маток. Маса тіла є ознакою кастової диференціації між робочими особами (середнє $\pm$ SD сирієї ваги коливається від $188,8 \pm 44,9$ мг у червні до $386,4 \pm 88,3$ мг у листопаді) від маток (від $624 \pm 15,2$ мг у вересень до $721,3 \pm 73,2$ мг у листопаді) [15].

Життєвий цикл колонії *V. velutina* можна розділити на чотири різні фази: базову, робочу, репродуктивну та проміжну. Весною матки, які пережили зиму, починають будувати початкове гніздо невеликого розміру, яке складається з одного стільника і використовується маткою для відкладання яєць перших робочих [3]. Спостереженнями вказана тривалість стадій розвитку в 48,1 дня (13 днів для яєць, 15,8 днів для личинок і 19,3 днів для запечатаного розплоду) [2]. Під час робочої фази робочі особини, які з'явилися, сприятимуть розвитку колонії, збільшуючи гніздо, збираючи їжу для годування розплоду, захищаючи колонію від ворогів, сприяючи очищенню та вентиляції гнізда [16]. Репродуктивна фаза починається з появи самців, що зазвичай відбувається з початку вересня, приблизно за 15 днів до появи молодих королев (потенційних репродуктивних самок). Репродуктивні кастки досягли максимальної чисельності в листопаді (середня кількість маток: $191 \pm 195,7$), і більшість із них покинули колонію до кінця листопада [15]. Протягом зими колонія поступово руйнується, хоча в Іспанії гнізда, відновлені в січні, все ще містили живі екземпляри, включно з матками [16]. Зимові активні колонії також спостерігалися в Італії. Розміри колонії змінюються протягом року і загальна кількість особин, вироблених за рік колоніями, зростає в середньому до 6151 особин у листопаді, з максимальним значен-

ням 13340 особин [17]. Найбільші колонії *V. velutina* значно перевищують розмір найбільших колоній європейського шершня *V. crabro* [2]. Таким чином, *V. crabro* навряд чи може конкурувати з величезними колоніями *V. velutina* [17]. Початкове гніздо, побудоване королевою, робочі особини *V. velutina* іноді можуть перемістити протягом річного життєвого циклу колонії. Коли колонія переміщується, її зазвичай називають вторинним гніздом, щоб відрізнити його від основного гнізда.

Присутність *V. velutina* за межами його рідного ареалу викликає занепокоєння через численні впливи, які цей вид може спричинити на місцеве біорізноманіття. Це може статися завдяки поєднанню різних механізмів: хижацтво, конкуренція та зміна екосистем з участю комах-запилювачів. Вид полює на інших комах для вигодовування розплоду, діючи як хижак широкого профілю [18,19]. Аналіз раціону *V. velutina* у Франції показав, що одна колонія може полювати на 159 різних видів (11 рядів і 43 родин комах, три родини павуків і чотири родини хребетних), споживаючи до 11,32 кг біомаси комах за один сезон. Серед комах переважно споживаними жертвами є перетинчастокрилі (60,1%), зокрема медоносні бджоли (38,1%) і соціальні оси (19,7%), за ними йдуть двокрилі (29,9%) та інші менш поширені групи, такі як лускокрилі, напівтвердокрилі, твердокрилі, прямокрилі та мухи скорпіоніці [18]. Харчовий спектр може відрізнятися залежно від середовища проживання, яке оточує колонії *V. velutina*, з вищою часткою соціальних ос і мух у лісах (відповідно 28,3% і 31,5%), ніж у містах (7,8% і 17,2%), і вища присутність бджіл в останніх (66,6% у містах і 33,4% у лісах) [18].

Крім екологічних проблем, присутність *V. velutina* породжує кілька соціально-економічних наслідків, таких як наслідки для сектору бджільництва, витрати на управління та проблеми зі здоров'ям. Медоносні бджоли є одними з комах, на яких найбільше полює *V. velutina* [18,19]. Це може бути пов'язано з привабливістю, створюваною запахами колонії медоносних бджіл (пилок і мед) і феромонами (гераніол, феромон агрегації медоносних бджіл), які можуть сигналізувати про високу щільність здобичі або через комбінацію візуальних і хімічних сигналів, які приваблюють види [2,20,1]. Імаго *V. velutina* полюють на медоносних бджіл, здебільшого зависаючи перед вуликом для лову бджіл, що повертаються [17]. Після того, як медоносну бджолу спіймано, шершень видаляє всі менш білкові частини комахи, зберігаючи лише грудину з м'язами, яку повертає в колонію для годування личинок [20]. Особи *V. velutina* можуть відвідувати пасіку більше часу протягом дня, що свідчить про поведінку навчання, яка може сприяти продуктивності пошуку корму [20]. Тиск хижаків на медоносних бджіл зростає протягом сезону (у Франції з липня по жовтень) відповідно до збільшення популяції колоній *V. velutina*

[20,1]. Крім того, тиск хижаків може змінюватися в залежності від умов навколишнього середовища, таких як температура, вологість або швидкість вітру. Успіх хижацтва зростає залежно від кількості шершнів, що переслідують, з піком близько дев'яти шершнів на вулик [20]. Ця інтенсивна хижацька діяльність є джерелом стресу у медоносних бджіл і спричиняє параліч пошуку їжі, що, у свою чергу, може збільшити загибель медоносних бджіл, які повертаються, через більший успіх хижацтва шершнів. З часом тиск хижаків може призвести до розпаду колоній медоносних бджіл через зменшення популяції та запасів меду та пилку, які використовуються медоносними бджолами для зимівлі [20,1]. На відміну від колоній азіатської медоносної бджоли (*Apis cerana* Fabricius, 1793), які зустрічаються з *V. velutina*, колонії європейської медоносної бджоли (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) більш сприйнятливі до тиску хижаків через низку причин: 1) нижчу ефективність або відсутність захисної поведінки, такої як захисна від шершнів «теплова кулька» [21,5,8] і мерехтіння крил, 2) неможливість бджолами відчувати феромон тривоги шершня, 3) меншу кількість бджіл-охоронців біля входу у вулик та 4) нижчу швидкість, прийняту *A. mellifera* для входу всередину вулика [5]. Що стосується оборонної поведінки, декілька досліджень проаналізували поведінку «теплових кульок», коли робочі бджоли реагують на напади шершнів, утворюючи «теплову кулю» бджіл навколо шершня, за допомогою якої їм вдається вбити шершнів завдяки підвищенню температури всередині та концентрації вуглекислого газу [21,5,8]. Робочі особини *A. cerana* краще реагують на атаки *V. velutina* завдяки більшій кількості особин ($32,2 \pm 3,2$ особини для *A. cerana* та $22,7 \pm 3,1$ особини для *A. mellifera*) та більш високій температурі ядра, досягнутої «тепловою кулькою» ($45,6 \pm 0,1$ °C для *A. cerana* та $44,3 \pm 0,2$ °C для *A. mellifera*) [21].

Окрім прямого впливу на сектор бджільництва, присутність *V. velutina* в заражених країнах також створює значні економічні витрати на розвиток методів знешкодження шершнів, особливо тих, які пов'язані із впровадженням заходів зі знищення гнізд. За підрахунками, контрольна діяльність, проведена у Франції в період з 2006 по 2015 рр., коштувала близько 23 мільйонів євро, і якщо вид продовжить поширюватися, річні витрати можуть сягнути 29,5 мільйонів євро в трьох країнах Європи, де вид почав поширюватися (Франція, Італія та Великобританія) та 31,4 мільйона євро у двох країнах Азії (Південній Кореї та Японії) [22,23]. Як і в інших еусоціальних ос, робочі особини *V. velutina* прагнуть захистити свою колонію, якщо комахи відчують загрозу, стаючи потенційним джерелом небезпеки для людей. Оборонна поведінка шершнів може виникнути, коли люди наближаються до гнізда шершнів на три метри, і в деяких випадках кілька шершнів можуть атакувати на відстані до 300 м [24].

Після укусів може виникнути низка реакцій різного ступеня тяжкості, від алергічних до токсичних, які можуть призвести до анафілаксії, що в деяких випадках може призвести до летальних випадків [3].

В Європі, зокрема, *V. velutina* може мати серйозний вплив на бджільництво [25]. Через свій вплив азіатський шершень був включений Європейським Союзом до «чорного списку» інвазійних чужорідних видів (Регламент ЄС 1141/2016), для якого є обов'язковою розробка планів нагляду та дій для обмеження поширення, а також стратегії контролю та стримування [26]. У деяких європейських регіонах хижацтво *V. velutina* призвело до втрати майже 50% бджолиних колоній, що призвело до зменшення продукції бджільництва та втрати прибутку [25].

У країнах або районах, які ще не мають *V. velutina*, стратегії спостереження і моніторингу інвазійних видів шкідників можуть сприяти ранньому виявленню появи виду та спроби знищення популяцій на ранніх стадіях інвазії. Стратегії нагляду за *V. velutina*, охоплюють схеми громадського і наукового моніторингу присутності *V. velutina* за допомогою моніторингових пасток і спостережень біля пасіки [25]. Також були розроблені швидкі молекулярні методи для польової та лабораторної ідентифікації видів [27]. Ці інструменти були б корисними для визначення виду на основі пошкоджених зразків, коли морфологічний аналіз неможливий.

З 2008 року Україна посідає перше місце з виробництва меду серед європейських країн (з валовим збором до 75 тис. тонн) [28], тому проникнення азіатського шершня в Україну може мати великі наслідки. З цієї причини, включаючи проблеми з навколишнім середовищем, необхідність використання програми управління і прогнозування поширення інвазійних видів комах стає гострою потребою. Прогнозування поточного та потенційного майбутнього розподілу інтродукованих інвазійних видів має центральне значення для планування стратегій адаптації та управління чисельністю популяцій. Сучасні дослідження показали, що кліматичні моделі є ефективними для моделювання поширення інвазійних видів тварин в Азії та їх потенційного поширення в Європі [29]. У нещодавніх дослідженнях українських вчених були запропоновані кліматичні моделі за сучасними та майбутніми кліматичними сценаріями, щоб конкретно оцінити потенційні тенденції ризику інвазії *V. velutina* в Україні [9]. Комп'ютерні моделі розподілу видів (species distribution model, або SDM) виявилися корисними інструментами для прогнозування розповсюдження інвазійних видів і з'ясування важливості широкого діапазону екологічних умов, які впливають на їх появу [9]. В якості вхідних даних для SDM використовуються георізноманітні спостереження. Місцезнаходження *V. velutina* були зібрані з GBIF [9] і записів, знайдених у літературі та Інтернет-джерелах (наприклад, <https://observation.org/>). Загалом було зібрано і проаналізовано 26511 непо-

вторних записів знахідок *V. velutina* з європейських місцезнаходжень. Картування потенційної поширеності *V. velutina* за допомогою комп'ютерної програми CLIMEX показало, що шершень може прижитися в більшій частині Європи [29]. Також було розроблено прогнозоване поширення *V. velutina* в Україні за сучасних і майбутніх кліматичних умов відповідно. Відповідно до максимальної екологічної придатності природного середовища існування як міри ризику, області в Україні можна розташувати в такому порядку: Крим > Закарпатська > Львівська > Івано-Франківська > Волинська > Тернопільська > Чернівецька > Хмельницька. Це стосується сучасного клімату. Згідно з майбутнім кліматичним сценарієм, очікується, що більше областей будуть уражені шершнями, а їх рейтинг з точки зору ризику інвазії має такий вигляд: Чернівецька > Львівська > Крим > Івано-Франківська > Закарпатська > Волинська > Тернопільська > Рівненська > Хмельницька > Житомирська > Вінницька. Результати цих прогнозів забезпечать орієнтовну теоретичну основу для запобігання поширенню *V. velutina* в Україні, оскільки розглядалися лише біокліматичні виміри екологічної ніші [9]. Тим не менш, ці дослідження можуть допомогти у створенні відповідних програм моніторингу.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Поява

і поширення інвазійного виду, азіяського шершня, *V. velutina*, в Україні становить значну загрозу бджільництву. Імовірність появи цього виду в Україні залежить від кількох факторів: 1) географічне розповсюдження. Основна популяція *V. velutina* розташована в Південній та Західній Європі. Україна межує з деякими з цих країн, і зараз існує високий потенціал для переносу інвазійного виду в Україну через природні міграційні процеси. 2) інфраструктура і транспорт. Поширення *V. velutina* в Україні може здійснюватися транспортними засобами, такими як вантажівки, легкові автомобілі та залізничні вагони, які пересуваються з інших країн. 3) екологічні умови. Україна має різноманітні екологічні умови, і поява *V. velutina* може бути більш імовірною в деяких західних і південних регіонах, де існують більш сприятливі умови для цього виду. Однак важливо зазначити, що наявність *V. velutina* в Україні на даний момент не підтверджена, і важливо вживати карантинні заходи для запобігання її можливій появі та контролювати всякі ознаки можливої інвазії, щоб запобігти шкоді дикій природі і місцевій фауні, а також руйнівного впливу на бджільницьку галузь та сільське господарство в цілому в Україні, особливо в умовах сучасних кліматичних та екологічних викликів. Ця проблема потребує подальших досліджень та розробки ефективних методів боротьби з *V. velutina*.

Література

1. Liroy, S., Bergamino, C., Porporato, M. 2022. The invasive hornet *Vespa velutina*: distribution, impacts and management options. *CABI Reviews*, August, 1–14.
2. Archer, M. 2012. Vespine wasps of the world: behaviour, ecology & taxonomy of the Vespinae. *Siri Scientific Press, Monograph Series*, 4, 1–354.
3. Monceau, K., Bonnard, O., Thiéry, D. 2014. *Vespa velutina*: a new invasive predator of honeybees in Europe. *Journal of Pest Science*, 87, 1–16.
4. Archer M. E. 1994. Taxonomy, distribution and nesting biology of the *Vespa bicolor* group (Hym., Vespinae). *Entomologist's Monthly Magazine*, 130, 149–158.
5. Tan, K., Radloff, S. E., Li, J. J., Hepburn, H. R., Yang, M. X., Zhang, L. J., et al. 2007. Bee-hawking by the wasp, *Vespa velutina*, on the honeybees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Naturwissenschaften*, 94(6), 469–472.
6. Robinet, C., Darrouzet, E., Suppo, C. 2015. Spread modelling: a suitable tool to explore the role of human-mediated dispersal in the range expansion of the yellow-legged hornet in Europe. *International Journal of Pest Management*, 65, 258–267.
7. Franklin, D. N., Brown, M. A., Datta, S., Cuthbertson, A. G. S., Budge, G. E., Keeling, M., J. 2017. Invasion dynamics of Asian hornet, *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae): a case study of a commune in south-west France. *Applied Entomology and Zoology*, 52(2), 221–229.
8. Arca, M., Papachristoforou, A., Mougél, F., Rortais, A., Monceau, K., Bonnard, O., et al. 2014. Defensive behaviour of *Apis mellifera* against *Vespa velutina* in France: Testing whether European honeybees can develop an effective collective defence against a new predator. *Behavioural Processes*, 106, 122–129.
9. Tytar, V.M., Kozynenko, I.I. 2023. Potential trends in invasion risk of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, in Ukraine. *Dopovidi Nacionalnoi akademii nauk Ukraini*, № 1, 81–86.
10. Liroy, S., Bergamino, C., Porporato, M. 2022. The invasive hornet *Vespa velutina*: distribution, impacts and management options. *CABI Reviews*, August, 1–14.
11. Delaplane, K., Hudson, W., Johnson A. 2023. Yellow-legged hornet, *Vespa velutina*. *Department of Entomology, University of Georgia, USDA*, August 15, 1–2.
12. Harper, T. 2023. Discovery of yellow-legged hornet confirmed in Georgia for the first time. *Georgia Department of Agriculture, USDA, University of Georgia*, 15. August, 1–2.
13. Perrard, A., Baylac, M., Carpenter, J.nM., Villemant, C. 2014. Evolution of wing shape in hornets: why is the wing venation efficient for species identification? *Journal of Evolutionary Biology*, 27(122), 665–675.
14. Smith-Perdo, A. H., Polly, D. 2022. Identifying morphs of the Asian Hornet (*Vespa velutina*) and other pests of quarantine importance with geometric morphometrics. *Research Square*, August, 1–24.
15. Rome, Q., Muller, F. J., Touret-Alby, A., Darrouzet, E., Perrard, A., Villemant, C. 2015. Caste differentiation and seasonal changes in *Vespa velutina* (Hym.: Vespidae) colonies in its introduced range. *Journal of Applied Entomology*, 139(10), 771–782.

16. Perrard, A., Haxaire, J., Rortais, A., Villemant, C. 2009. Observations on the colony activity of the Asian hornet *Vespa velutina* Lepeletier 1836 (Hymenoptera: Vespidae: Vespinae) in France. *Annales de la Société entomologique de France*, 45(1), 119–227.
17. Villemant, C., Barbet-Massin, M., Perrard, A., Muller, F., Gargominy, O., Jiguet, F., et al. 2011. Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* across Europe and other continents with niche models. *Biological Conservation*, 144(9), 2142–2150.
18. Rome, Q., Perrard, A., Muller, F., Fontaine, C., Quilès, A., Zuccon, D., et al. 2021. Not just honeybees: predatory habits of *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in France. *Annales de la Société entomologique de France*, 57(1), 1–11.
19. Verdasca, M. J., Godinho, R., Rocha, R. G., Portocarrero, M., Carvalheiro, L. G., Rebelo R, et al. 2021. A metabarcoding tool to detect predation of the honeybee *Apis mellifera* and other wild insects by the invasive *Vespa velutina*. *Journal of Pest Science*, 95, 997–1007.
20. Requier, F., Rome, Q., Chiron, G., Decante, D., Marion, S., Menard, M., et al. 2019. Predation of the invasive Asian hornet affects foraging activity and survival probability of honey bees in Western Europe. *Journal of Pest Science*, 92(2), 567–578.
21. Ken, T., Hepburn, H. R., Radloff, S. E., Yusheng, Y., Yiqiu, L., Danyin, Z., et al. 2005. Heat-balling wasps by honeybees. *Naturwissenschaften*, 92(10), 492–495.
22. Barbet-Massin, M., Rome, Q., Muller, F., Perrard, A., Villemant, C., Jiguet, F. 2013. Climate change increases the risk of invasion by the Yellow-legged hornet. *Biological Conservation*, 157, 1–10.
23. Barbet-Massin M., Salles J.M., Courchamp F. 2020. The economic cost of control of the invasive yellow-legged Asian hornet. *NeoBiota*, 55, 11–25.
24. Choi, M.,B. 2021. Defensive behavior of the invasive alien hornet *Vespa velutina nigrithorax* against potential human aggressors. *Entomological Research*, 51(4), 186–295.
25. Laurino, D., Gajger, I. T., Lioy, S., Porporato, M. 2022. COLOSS Task Force to Investigate and Reduce *Vespa velutina* Impacts and Spread. *Bee World*, 99(1), 26–28.
26. Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of Union concern pursuant to Regulation (EU) № 1143/2014 of the European Parliament and of the Council. *Office Journal European Union L*. № 189, 4–8.
27. Stainton, K., Hall, J., Budge, G. E., Boonham, N., Hodgetts, J. 2018. Rapid molecular methods for in-field and laboratory identification of the yellow-legged Asian hornet (*Vespa velutina nigrithorax*). *Journal of Applied Entomology*, 142(6), 610–616.
28. Туринський, В. М., Адамчук, Л. О. 2015. Важливі питання розвитку галузі бджільництва. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 223, 190–195.
29. Ibáñez-Justicia, A., Loomans, A. J. M. 2011. Mapping the potential occurrence of an invasive species by using CLIMEX: case of the Asian hornet (*Vespa velutina nigrithorax*) in The Netherlands. *Proceedings Netherlands Entomological Society Meeting*, 22, 39–46.

Дата першого надходження рукопису до видання: 29.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 15.12.2025