

УДК 638.1:502.5+355.48

DOI: <https://doi.org/10.17721/3041-2323.2024.136-147>

Володимир ЗАСЛАВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0001-6225-1313
e-mail: zaslavskiy.volodymyr@knu.ua
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Ігор ВОЛОХОВИЧ, асп.
ORCID ID: 0009-0004-8915-2525
e-mail: vol_igor@knu.ua
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ ТА ВОЄННИХ КОНФЛІКТІВ НА БЕЗПЕКУ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ

Розглянуто важливість підтримки важливої галузі – бджільництва, як основи для забезпечення продовольчої безпеки, екосистеми, біорізноманіття, а також проаналізовано сучасні проблеми, з якими стикається ця галузь. Дослідження зосереджено на двох основних проблемах – проблемі глобального потепління та наслідків воєнних дій. Перераховано наслідки зміни клімату, через які популяція бджіл може мігрувати в інші регіони, або ж відбуваються порушення взаємозв'язку між рослинами та запилювачами, а також зменшення кількості та різке зниження якості продуктів бджільництва. Досліджено наслідки війни, а саме фізичне руйнування пасік і вуликів із бджолами, забруднення навколишнього середовища внаслідок воєнних дій і переселення бджолярів. Наведено можливі шляхи трансформації та відродження галузі бджільництва з використанням сучасних технологій, таких як застосування супутникових даних для моніторингу територій, машинне навчання для аналізу даних моніторингу та прийняття рішень.

Ключові слова: бджільництво, зміна клімату, здоров'я бджолиних сімей, моніторинг територій, машинне навчання на основі супутникових даних, автоматизація, біорізноманіття.

Вступ

Бджільництво – це багатофункціональна робота та догляд за бджолами та вуликами для бджолиних сімей, які є дуже важливими для суспільства й економіки завдяки здатності бджіл запи-

© Заславський Володимир, Волохович Ігор, 2024

лювати рослини, а також створювати різномантні корисні продукти бджільництва. Бджоли відіграють важливу роль у відтворенні квіткових рослин і сільськогосподарських культур: понад 87 % квіткових видів у всіх куточках світу і 75 % продовольчих культур залежать від запилення (Potts et al., 2010). Медоносна бджола (*Apis mellifera*) є найпоширенішим запилювачем і має велике значення для забезпечення запилення сільськогосподарських культур і продовольчої безпеки (Klein et al., 2007; Osterman et al., 2021; Potts et al., 2016; Kešnerová et al., 2020; Brown et al., 2016). Крім запилення, бджоли також приносять користь, створюючи різні продукти, зокрема мед, віск, прополіс, маточне молочко, пилок тощо. Мед є найвідомішим для всіх людей здоровим продуктом харчування, загальний річний обсяг виробництва якого в усьому світі оцінюється приблизно в 1,85 млн т. Мед використовувався протягом багатьох століть як природний підсолоджувач, а також у народній медицині завдяки своїм антибактеріальним властивостям (Meo et al., 2017). Бджолиний віск є ще одним важливим продуктом, який застосовують у косметології, для виготовлення свічок і оброблення продуктів харчування (Bradbear, 2009). Діяльність бджіл у процесі запилення помітно і позитивно впливає на навколишнє середовище, покращуючи екосистему та біорізноманіття. Більшість рослин (87,5 %), що цвітуть, відвідуються саме бджолами (Ollerton, 2011).

Акт запилення не тільки забезпечує відтворення дикорослих квіткових рослин, але і сприяє збереженню генетичного різноманіття та стійкості екосистем (Potts et al., 2010). Але в останні роки кількість бджолиних сімей зменшується через такі фактори: втрата місць проживання, надмірне використання пестицидів і зміна клімату (Goulson et al., 2015). Глобальне потепління призводить до негативних наслідків через зменшення кількості запилювачів, таких як зниження виробництва сільськогосподарських культур, підвищення цін на продукти харчування, а також зменшення різноманітності рослин. Щоб зменшити ці загрози, необхідно вживати розумних заходів щодо захисту природних ресурсів і відповідних нових методів утримання бджіл (Garibaldi, 2013).

Результати

Зміна клімату впливає на бджільництво, поведінку бджіл у різних кліматичних регіонах і кількість та якість продуктів, зібраних із вуликів. З глобальним потеплінням і мінливістю клімату бджолам стає важче пристосовуватись у наявних умовах. Зміна клімату зумовлює зсув періодів цвітіння рослин, що потребує узгодженості в часі між появою квітів і активністю бджіл. Це сценарій, який може не відбутися, коли час цвітіння рослин аномально зміщується до часу появи бджіл. Така невідповідність призводить до низької кількості врожаю та меду і продуктів бджільництва. Кліматичні зміни також впливають на чисельність і поширення видів бджіл, адже деякі види не можуть вижити за вищої температури. Через зміну клімату багато бджолиних сімей переміщуються на вищі території та далі на північ із місць звичного проживання (Kerr et al., 2015). Однак деякі види бджіл не здатні адаптуватись, що призводить до їх локального вимирання та втрати запилення (Schweiger et al., 2010). Нарешті, щоб зменшити вплив зміни клімату на практику розвитку культури бджільництва, важливо використовувати різні види бджіл і контролювати регіони, в яких різні бджоли будуть взаємодіяти.

Відповідно до принципу різнотипності, велика кількість видів бджіл може покращити послуги запилення, а також стійкість екосистем, спрямованих на збереження бджіл (Winfrey et al., 2018). Крім того, різноманітність диких бджіл сприятливо впливає на врожайність, а отже, необхідно захистити широкий спектр бджолиних видів (Meo et al., 2017). Для успішного запилення у своєму ареалі, бджоли найефективніші саме в тих кліматах, у яких вони еволюційно або штучно пристосовані. Наприклад, європейська медоносна бджола (*Apis mellifera*) домінує в помірному кліматі, тоді як гібридизація виду з африканізованою медоносною бджолою (*Apis mellifera scutellata*) найкраще розвивається в теплих регіонах (Winston, 1992).

Для надання послуг із запилення надзвичайно важливо зберегти цілий ряд видів бджіл, щоб мати можливість їх розгашувати на територіях із різними кліматом і ландшафтами. Зміна погодних умов у зв'язку зі зміною клімату впливає не лише на кількість бджіл, але й на кількість та якість продуктів бджільництва. Під-

вищені температури здатні змінити складову меду за допомогою мікробного фактора мурашок, через це ринкова вартість меду може знецінитися. Крім того, розвиток рослин і фенологія рослини щодо виробництва нектару можуть поставити під загрозу кількість виробленого меду. Підвищення температури та зміни режиму опадів, пов'язані зі зміною клімату, також впливають на продуктивність бджільництва. Тому необхідно наголошувати на принципах адаптивного управління в умовах зміни клімату, а також на стійкому управлінні. Такі практики, які орієнтовані на управління, включатимуть захист рослин від впливу пестицидів, моніторинг здоров'я бджіл і залучення різноманітних квіткових джерел (Potts et al., 2016). Збереження природних середовищ існування та створення сприятливих для запилювачів ландшафтів також здатні допомогти зберегти різноманітність і стійкість бджіл (Garibaldi et al., 2014).

Воєнні конфлікти мають серйозні та довготермінові наслідки для бджільництва, бджіл і продуктів бджільництва. Руйнування інфраструктури, переміщення населення та забруднення навколишнього середовища, пов'язані зі збройними конфліктами, порушують практики бджільництва та загрожують популяції бджіл. Важкі метали й інші забруднювальні речовини, що виділяються під час воєнних дій, здатні накопичуватися в продуктах бджільництва, становлячи ризик для здоров'я людини та навколишнього середовища (Formicki et al., 2013). Використання хімічної зброї та інших токсичних речовин під час конфліктів має руйнівний вплив на бджіл та інших запилювачів. Крім того, хімічні речовини шкодять здоров'ю бджіл і різко збільшують їхню смертність, зменшують кормову здатність та ослаблюють імунну функцію (Kešnerová et al., 2020). У постраждалих від воєнних конфліктів регіонах знищення природних середовищ існування та сільськогосподарських угідь зменшує доступність квіткових ресурсів для бджіл. Наприклад, зменшення популяції бджіл у зруйнованих війною районах Балкан частково пояснюється втратою придатних місць існування для корму. Переміщення бджолярів під час конфліктів також порушує безперервність практики бджільництва та передавання знань. Існують проблеми, з якими стикаються бджолярі на пост-конфліктних територіях, включаючи втрату вуликів, обладнання

та традиційних навичок бджільництва. В деяких випадках воєнні конфлікти можуть призвести до непередбачених наслідків для популяції бджіл. Деякі дослідження показали, що демілітаризована зона між Північною Кореєю та Південною Кореєю, створена після Корейської війни, стала несподіваним притулком для біорізноманіття і включає кілька видів бджіл, що перебувають під загрозою зникнення (Koh, 2016).

Незважаючи на виклики, пов'язані з воєнними конфліктами, бджільництво відіграє важливу роль у постконфліктному відновленні та зусиллях із розбудови миру. Щоб пом'якшити вплив воєнних конфліктів на бджільництво та популяцію бджіл, необхідно розробити стратегії захисту бджіл та їхнього середовища проживання в зонах конфлікту. Це може включати створення територій, що охороняються, та сприяння сталим методам бджільництва, а також підвищення обізнаності про важливість запилювачів. З іншого боку, останні досягнення в галузі технологій, такі як наявність якісних даних супутникового моніторингу територій, стрімка еволюція машинного навчання, штучний інтелект і глобальний тренд автоматизації, пропонують багатообіцяючі рішення для моніторингу та пом'якшення впливу кліматичних змін і воєнних дій на бджіл і бджільництво. Використовуючи ці інструменти, дослідники та природоохоронні структури можуть розробити ефективніші стратегії захисту бджіл та їхнього середовища проживання.

Аналіз, проведений за допомогою супутникових зображень і методів дистанційного зондування, є ефективним у вивченні різних впливів глобальної зміни клімату та війни на популяцію бджіл та їхнє середовище. Після внесення необхідних змін, дослідники зможуть визначити зони, схильні до ризику для популяції бджіл, і розробити відповідні заходи збереження. Машинне навчання та штучний інтелект можна застосовувати для вивчення та прогнозування реакції бджіл на зміну клімату та бойові дії шляхом аналізу супутникових зображень та інших наборів даних про навколишнє середовище. Таку методiku можна використати для оцінювання поширення інвазивних видів бджіл після зміни клімату та їх вигідного розподілу (Matias et al., 2017). Також ця методика допомагає визначити регіони, які ймовірно зіткнуться зі змінами розподілу видів, викликаними зміною клімату, що впли-

не на популяції місцевих бджіл. Процес розуміння тенденцій і динаміки популяції бджіл у зв'язку зі змінами, спричиненими зміною клімату та війнами, можна спростити за допомогою автоматизації та цифровізації. Оцінювання стану та дій бджіл у режимі реального часу може здійснюватися певною мірою за допомогою автоматизованих систем, таких як електронний моніторинг вуликів і використання дронів, які можуть бачити та досліджувати життєдіяльність бджіл у вуликах. Ці пристрої допоможуть пасічникам і вченим якнайшвидше помітити попереджувальні ознаки стресу для сімей бджіл і допоможуть зупинити втрату, перш ніж вона станеться.

Варто згадати розроблення інструментів сегментації полів сільського господарства з використанням методів глибокого навчання для розв'язання задач точного бджільництва, таких як оптимізоване розміщення вуликів (Volkhovych, 2024). Використання супутникових зображень і даних часових рядів у поєднанні з машинним навчанням і методами штучного інтелекту та застосуванням технологій може сприяти ефективній боротьбі зі зміною клімату та загрозами військової діяльності для бджіл (Volkhovych, & Zaslavskyi, 2024). Для розв'язання таких проблем, наприклад, є потреба у створенні платформ, які використовують безпілотний літальний апарат і технології глибокого навчання, із супутниковими зображеннями, для моніторингу здоров'я та екосистеми бджіл у зонах бойових дій. Такі підходи можуть однаково визначити, яким природоохоронним заходам слід віддати пріоритет і де. Однак, незважаючи на те, що використання технологій і технологічних рішень є важливим, усе ще залишається не розв'язаним питання про те, як можна зменшити наслідки воєнних дій і зміни клімату на бджіл.

Дії дослідників, бджолярів і місцевих жителів також мають бути скоординовані для розроблення ефективної стратегії захисту бджіл та їхніх екосистем (Brown et al., 2016) щодо захисту від кліщів. Як приклад, це включає потребу заохочувати належне землекористування, а також необхідність створення охоронюваних територій і навчання людей щодо оберігання бджіл як корисних комах і для навколишнього середовища, і для людини.

Дискусія і висновки

У підсумку зазначимо, що неможливо переоцінити важливість бджільництва; воно забезпечує глобальну продовольчу безпеку, підтримує біорізноманіття та сприяє екосистемним процесам. Однак є реальні загрози для бджіл, а також для бджільницького сектору, наприклад, зміна клімату, воєнні конфлікти й інші явища, спричинені діяльністю людини. Зміна клімату може змінити географічний розподіл і кількість бджолиних груп, змінити відносини між певними рослинами та бджолами, а також призвести до низької якості та кількості продуктів бджільництва. Воєнні конфлікти можуть призвести до фізичного знищення інфраструктури, необхідної для бджільництва, забруднення та переселення людей, які займаються бджільництвом. Ці виклики лякають, але їх можна подолати, щоб підтримувати бджільництво в майбутньому, використовуючи відповідні адаптивні технології. У цьому разі стане можливим покращення ефективності галузі бджільництва за допомогою високих технологій: машинного навчання, штучного інтелекту й автоматизації. Поєднання нових підходів із залученням суспільства, науковців і природоохоронних структур, уможливує розроблення ефективніших засобів захисту бджіл та їхнього середовища проживання в поточній глобальній ситуації. Найважливіше те, що захист бджіл і екосистемних послуг, які вони надають, перебуває в руках багатьох людей, включаючи бджолярів, науковців із питань бджільництва, державних регуляторів і представників громадськості. Як наслідок, зазначені підходи сприятимуть довгостроковому збереженню бджіл, а також глобальної системи харчування та її безпеки.

Список використаних джерел

Bradbear, N. (2009). *Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products*. FAO.

Brown, M. J. F., Dicks, L. V., Paxton, R. J., Baldock, K. C. R., Barron, A. B., Chauzat, M.-P., Freitas, B. M., Goulson, D., Jepsen, S., Kremen, C., Li, J., Neumann, P., Pattenmore, D. E., Potts, S. G., Schweiger, O., Seymour, C. L., & Stout, J. C. (2016). A horizon scan of future threats and opportunities for pollinators and pollination. *PeerJ*, 4, e2249. <https://doi.org/10.7717/peerj.2249>

Formicki, G., Greń, A., Stawarz, R., Zyśk, B., & Gał, A. (2013). Metal content in honey, propolis, wax, and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1), 99–106.

Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S. D., Aizen, M. A., Blaauw, B. R., Isaacs, R., Kuhlmann, M., Kleijn, D., Klein, A. M., Kremen, C., Morandin, L., Scheper, J., & Winfree, R. (2014). From research to action: Enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(8), 439–447. <https://doi.org/10.1890/130330>

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalheiro, L. G., Harder, L. D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Freitas, B. M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., ... Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>

Kešnerová, L., Emery, O., Troilo, M., Liberti, J., Erkosar, B., & Engel, P. (2020). Gut microbiota structure differs between honeybees in winter and summer. *The ISME Journal*, 14(3), 801–814. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0568-8>

Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S. R., Richardson, L. L., Wagner, D. L., Gall, L. F., Sikes, D. S., & Pantoja, A. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244), 177–180. <https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>

Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

Koh, I., Lonsdorf, E. V., Williams, N. M., Brittain, C., Isaacs, R., Gibbs, J., & Ricketts, T. H. (2016). Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 140–145. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517685113>

Matias, D. M. S., Leventon, J., Rau, A.-L., Borgemeister, C., & Von Wehrden, H. (2017). A review of ecosystem service benefits from wild bees across social contexts. *Ambio*, 46(4), 456–467. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0844-z>

Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(5), 975–978. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010>

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>

Osterman, J., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Bosch, J., Howlett, B. G., Inouye D. W., Jung, C., Martins, D. J., Medel, R., Pauw, A., Seymour, C. L., & Paxton, R. J. (2021). Global trends in the number and diversity of managed pollinator species. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107653. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107653>

- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., & Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220–229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Schweiger, O., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Hickler, T., Hulme, P. E., Klotz, S., Kühn, I., Moora, M., Nielsen, A., Ohlemüller, R., Petanidou, T., Potts, S. G., Pyšek, P., Stout, J. C., Sykes, M. T., Tscheulin, T., Vilà, M., Walthert, G., Westphal, C., ... Settele, J. (2010). Multiple stressors on biotic interactions: How climate change and alien species interact to affect pollination. *Biological Reviews*, 85(4), 777–795. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00125.x>
- Volkhovych, I. (2024). Deep learning-based approaches of agricultural image segmentation. *Science and Technology Today*, 7(35), 646–660. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7\(35\)-646-660](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-646-660)
- Volkhovych, I., & Zaslavskiy, V. (2024). Usage of satellite data for optimizing business-processes in beekeeping. *Grail of Science*, 36, 256–258. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.16.02.2024.041>
- Winfrey, R., Reilly, J. R., Bartomeus, I., Cariveau, D. P., Williams, N. M., & Gibbs, J. (2018). Species turnover promotes the importance of bee diversity for crop pollination at regional scales. *Science*, 359(6377), 791–793. <https://doi.org/10.1126/science.aao2117>
- Winston, M. L. (1992). The biology and management of Africanized honey bees. *Annual Review of Entomology*, 37(1), 173–193. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001133>

References

- Bradbeer, N. (2009). *Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products*. FAO.
- Brown, M. J. F., Dicks, L. V., Paxton, R. J., Baldock, K. C. R., Barron, A. B., Chauzat, M.-P., Freitas, B. M., Goulson, D., Jepsen, S., Kremen, C., Li, J., Neumann, P., Pattenmore, D. E., Potts, S. G., Schweiger, O., Seymour, C. L., & Stout, J. C. (2016). A horizon scan of future threats and opportunities for pollinators and pollination. *PeerJ*, 4, e2249. <https://doi.org/10.7717/peerj.2249>
- Formicki, G., Greń, A., Stawarz, R., Zyśk, B., & Gał, A. (2013). Metal content in honey, propolis, wax, and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1), 99–106.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S. D., Aizen, M. A., Blaauw B. R., Isaacs, R., Kuhlmann, M., Kleijn, D., Klein, A. M., Kremen, C., Morandin, L., Scheper, J., & Winfree, R. (2014). From research to action: Enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(8), 439–447. <https://doi.org/10.1890/130330>
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalheiro, L. G., Harder, L. D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Freitas, B. M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., ... Klein, A. M. (2013).

- Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Kešnerová, L., Emery, O., Troilo, M., Liberti, J., Erkosar, B., & Engel, P. (2020). Gut microbiota structure differs between honeybees in winter and summer. *The ISME Journal*, 14(3), 801–814. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0568-8>
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S. R., Richardson, L. L., Wagner, D. L., Gall, L. F., Sikes, D. S., & Pantoja, A. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244), 177–180. <https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Koh, I., Lonsdorf, E. V., Williams, N. M., Brittain, C., Isaacs, R., Gibbs, J., & Ricketts, T. H. (2016). Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 140–145. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517685113>
- Matias, D. M. S., Leventon, J., Rau, A.-L., Borgemeister, C., & Von Wehrden, H. (2017). A review of ecosystem service benefits from wild bees across social contexts. *Ambio*, 46(4), 456–467. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0844-z>
- Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(5), 975–978. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010>
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Osterman, J., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Bosch, J., Howlett, B. G., Inouye, D. W., Jung, C., Martins, D. J., Medel, R., Pauw, A., Seymour, C. L., & Paxton, R. J. (2021). Global trends in the number and diversity of managed pollinator species. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107653. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107653>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., & Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220–229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Schweiger, O., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Hickler, T., Hulme, P. E., Klotz, S., Kühn, I., Moora, M., Nielsen, A., Ohlemüller, R., Petanidou, T., Potts, S. G., Pyšek, P., Stout, J. C., Sykes, M. T., Tscheulin, T., Vilà, M., Walther, G., Westphal, C., ... Settele, J. (2010). Multiple stressors on biotic interactions: How climate change and alien species interact to affect pollination. *Biological Reviews*, 85(4), 777–795. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00125.x>

Volokhovych, I. (2024). Deep learning-based approaches of agricultural image segmentation. *Science and Technology Today*, 7(35), 646–660. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7\(35\)-646-660](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-646-660)

Volokhovych, I., & Zaslavskiy, V. (2024). Usage of satellite data for optimizing business-processes in beekeeping. *Grail of Science*, 36, 256–258. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.16.02.2024.041>

Winfrey, R., Reilly, J. R., Bartomeus, I., Cariveau, D. P., Williams, N. M., & Gibbs, J. (2018). Species turnover promotes the importance of bee diversity for crop pollination at regional scales. *Science*, 359(6377), 791–793. <https://doi.org/10.1126/science.aao2117>

Winston, M. L. (1992). The biology and management of Africanized honey bees. *Annual Review of Entomology*, 37(1), 173–193. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001133>

Отримано редакцією журналу / Received: 11.09.24

Прорецензовано / Revised: 23.09.24

Схвалено до друку / Accepted: 01.10.24

Volodymyr ZASLAVSKYI, DSc (Engin.), Prof.

ORCID ID: 0000-0001-6225-1313

e-mail: zaslavskiy.volodymyr@knu.ua

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Ihor VOLOKHOVYCH, PhD Student

ORCID ID: 0009-0004-8915-2525

e-mail: vol_igor@knu.ua

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE AND MILITARY CONFLICTS ON THE SAFETY AND VITAL ACTIVITY OF BEE COLONIES

This study assesses the extent to which beekeeping contributes to food security, ecosystems, and biodiversity as well as understanding the challenges encountered by this sector. The study puts emphasis on two factors of interest- the phenomenon of global warming and the phenomenon of war. The effects of climate change were addressed, which might lead to the migration of bee colonies to different areas, interrupted flower-bee relationships, or lowered and poorer biotic products. The effects of the war are being researched, concerning the loss of beekeeping-related assets, adverse effects of warfare on environment, and beekeepers' mobility out of their homes. In addition, the study looks for ways to curtail and bring about a new look in the beekeeping sector willing to take up current advancements in satellite imagery and machine learning.

Keywords: *beekeeping, climate change, health of bee colonies, territory monitoring, machine learning based on satellite data, automation, biodiversity.*

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.