

УДК 638.124:546.47

## **Сергій РАЗАНОВ**

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; Львівський національний університет природокористування, вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Україна, 80381 (razanovsergej65@gmail.com).

**ORCID:** 0000-0002-4883-2696

**SCOPUS:** 57311742800

## **Володимир ПОСТОЄНКО**

доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, директор, Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03143 (vpstoenko@ukr.net).

**ORCID:** 0000-0002-6515-7004

**SCOPUS:** 6505787042

## **Олександр РАЗАНОВ**

науковий співробітник Лабораторії апітерапії, Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03143 (Razanovoleksandr@gmail.com).

**ORCID:** 0000-0003-0676-5795

## **Олег БАХМАТ**

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Україна, 32316 (gerbah@ukr.net).

**ORCID:** 0000-0002-8015-1567

**SCOPUS:** 57222045155

## **Уляна НЕДІЛЬСЬКА**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Україна, 32316 (nedilska13@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0001-7427-0087

**SCOPUS:** 58001750300

## **Володимир НЕДАШКІВСЬКИЙ**

доктор сільськогосподарських наук, професор, перший проректор, проректор з організаційної роботи, Білоцерківський національний аграрний університет, пл. Соборна, 8/1, м. Біла Церква, Україна, 09117 (profkom1967@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0001-5487-6807

## **Оксана МАЗУРАК**

кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Львівський національний університет природокористування, вул. Володимира Великого 1, м. Дубляни, Україна, 80381 (mazurak.oksana1969kaf@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0001-7846-2799

**SCOPUS:** 57211909426

## **Андрій ДИДІВ**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології, Львівський національний університет природокористування, вул. Володимира Великого 1, м. Дубляни, Україна, 80381 (adydiv@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0002-4436-9008

**SCOPUS:** 58199105400

**Бібліографічний опис статті:** Разанов С., Постоечко В., Разанов О., Бахмат О., Недільська У., Недашківський В., Мазурак О., Дидів А. (2024). Якість бджолиного гнізда та його вплив на інтенсивність накопичення Zn у меді. *Фітотерапія. Часопис*, 4, 100–109, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-100>

## **ЯКІСТЬ БДЖОЛИНОГО ГНІЗДА ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ Zn У МЕДІ**

**Актуальність.** Бджолиний мед є унікальним продуктом харчування населення лікувально-профілактичного спрямування. У сучасних екологічних умовах підвищуються вимоги до якості та безпеки меду через здатність накопичувати різні токсиканти, зокрема важкі метали. Вироблення бджолами меду та його збереження відбувається у стільниках, які формують

бджолине гніздо. У бджолиних гніздах у процесі їх використання накопичуються невоскові компоненти, кокони, неперетравні рештки корму, кристали меду та пильцеві зерна, що негативно впливає на якість меду.

**Мета дослідження.** Визначення інтенсивності накопичення цинку у монофлорному меді залежно від якості бджолиного гнізда.

**Матеріал і методи.** Дослідження проводилися на бджолиних сім'ях української породи бджіл, які утримувалися у вуликах-лежаках в умовах Вінниччини, Лісо-stepу правобережного. Варіанти досліді включали п'ять окремих територій нектаропилконосних угідь із посівами соняшнику. Для дослідження впливу якості стільників бджолиного гнізда піддослідні зразки формували за кількістю виведених у них генерацій бджіл: I варіант – свіжовідбудовані стільники, II варіант – 3–4 генерації бджіл, III варіант – 7–8, IV варіант – 11–13 генерації. Уміст Zn у дослідних зразках ґрунту, меду, перги, подрібнених стільників визначали атомно-абсорбційним методом.

**Результати дослідження.** За підвищення Zn у ґрунтах нектаропилконосних угідь спостерігалось збільшення його у стільниках. У стільниках, у яких бджоли вирощували розплід, порівняно з пергою вміст Zn вищий у 4,4–7,2 рази і медом – у 18–31,5 рази. Уміст Zn у стільниках, у яких вироцено 11–13 генерацій бджіл, – найвищий. Найвища інтенсивність накопичення Zn у стільниках бджолиного гнізда спостерігається за вирощування в них розпліду, порівняно менша за зберігання перги та меду. Збільшення у стільниках у 25,6 рази вмісту Zn призвело до підвищення його у меді – у 1,27 рази.

**Висновок.** Уміст Zn у бджолиному гнізді залежав від інтенсивності забруднення ґрунту нектаропилконосних угідь, а вміст у його меді та перзі (корм бджіл) – від призначення стільників та кількості виведених у них генерацій бджіл.

**Ключові слова:** ґрунт, цинк, бджолине гніздо, мед, накопичення, стільники, бджоли, генерація бджіл, нектаропилконосні угіддя.

## Serhii RAZANOV

Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry and Horticulture, Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008; Lviv National Environmental University, Dublyany, V. Velikoho str., 1, Dublyany, Ukraine, 80381 (razanovsergej65@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0002-4883-2696

**SCOPUS:** 57311742800

## Volodymyr POSTOENKO

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences, Director, National Scientific Center «P.I. Prokopovich Beekeeping Institute» NAAS, Zabolotnogo str., 19, Kyiv, Ukraine, 03143 (vpostoenko@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0002-6515-7004

**SCOPUS:** 6505787042

## Oleksandr RAZANOV

Researcher at the laboratory of apitherapy, Institute of Beekeeping named after P.I. Prokopovich, Zabolotnogo str., 19, Kyiv, Ukraine, 03143 (Razanovolexandr@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0003-0676-5795

## Oleh BAKHMAT

Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Ecology and General Biological Subjects, Institute of Higher Education «Podilskyi State University», Shevchenko str., 12, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, 32316 (gerbah@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0002-8015-1567

**SCOPUS:** 57222045155

## Ulyana NEDILSKA

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology and General Biological Subjects, Institute of Higher Education «Podilskyi State University», Shevchenko str., 12, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, 32316 (nedilska13@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0001-7427-0087

**SCOPUS:** 58001750300

## Volodymyr NEDASHKIVSKYI

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, First Vice-Rector, Vice-Rector for Organizational Work, Bila Tserkva National Agrarian University, Soborna sq., 8/1, Bila Tserkva, Ukraine, 09117 (profkom1967@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0001-5487-6807

## Oksana MAZURAK

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology, Lviv National Environmental University, Dublyany, V. Velikoho str., 1, 80381, Ukraine, (mazurak.oksana1969kaf@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0001-7846-2799

**SCOPUS:** 57211909426

## Andrii DYDIV

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology, Lviv National Environmental University, Dublyany, V. Velikoho str., 1, Ukraine, 80381 (adydiv@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0002-4436-9008

**SCOPUS:** 58199105400

**To cite this article:** Razanov S., Postoienko V., Razanov O., Bakhmat O., Nedilska U., Nedashkivskyi V., Mazurak O., Dydiv A. (2024). Yakist bdzholynoho hnizda ta yoho vplyv na intensyvniest nakopychennia Zn u medi [Bee nest quality and its influence on the intensity of Zn accumulation in honey]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 4, 100–109, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-100>

## THE QUALITY OF THE BEE'S NEST AND ITS EFFECT ON THE INTENSITY OF Zn ACCUMULATION IN HONEY

**Actuality.** Bee honey is a unique food product of the population of medical and preventive direction. In modern environmental conditions, the requirements for the quality and safety of honey are increasing due to the ability to accumulate various toxicants, in particular, heavy metals. The production of honey by bees and its preservation takes place in the honeycombs that form the bee nest. During their use, non-wax components, cocoons, indigestible feed residues, honey crystals and pollen grains accumulate in bee nests, which negatively affects the quality of honey.

**The aim of the study** was to determine the intensity of zinc accumulation in monofloral honey depending on the quality of the bee nest.

**Material and methods.** Research was conducted on bee families of the Ukrainian breed of bees, which were kept in beehives in the conditions of the right-bank forest-steppe of Vinnytsia. Variants of the experiment included five separate areas of nectar- and pollen-bearing lands with sunflower crops. To study the influence of the quality of bee nest combs, experimental samples were formed according to the number of generations of bees bred in them: I variant – freshly built combs, II variant – 3-4 generations of bees, III variant – 7-8, IV variant – 11-13 generations. The content of Zn in experimental samples of soil, honey, perga, crushed honeycombs was determined by the atomic absorption method.

**Results of research.** As Zn increased in the soils of nectar-pollen-bearing lands, its increase in honeycombs was observed. In the combs in which bees raised brood, compared to perga, the Zn content is 4.4-7.2 times higher and in honey – 18-31.5 times higher. The content of Zn in the hives in which 11-13 generations of bees are grown is the highest. The highest intensity of Zn accumulation in the honeycombs of bee nests is observed when brood is grown in them, it is comparatively lower when storing perga and honey. A 25.6-fold increase in Zn content in honeycombs led to a 1.27-fold increase in copper.

**Conclusion.** The content of Zn in a bee nest depended on the intensity of soil pollution in nectar-pollen-bearing lands, and the content in its honey and comb (bee feed) depended on the purpose of the combs and the number of generations of bees bred in them.

**Key words:** soil, zinc, bee nest, honey, accumulation, honeycombs, bees, bee generation, nectar-pollinating areas.

**Вступ. Актуальність.** Бджолиний мед є унікальним продуктом, який містить велику кількість високопоживних речовин із лікувальними властивостями. Завдяки своєму спеціальному хімічному складу мед вважається цінним харчовим та фармацевтичним продуктом. Регулярне споживання меду може суттєво підвищити стійкість організму до несприятливих чинників навколишнього середовища. Традиційна медицина визнає позитивний вплив меду на профілактику та лікування багатьох захворювань (Durazzo et al., 2021). Основними компонентами меду є глюкоза та фруктоза, які сприяють покращенню живлення клітин, активізують окислювальні процеси і підтримують функціонування нервової системи. Окрім того, уживання меду допомагає розширити і зміцнити серцеві м'язи, підвищує інтенсивність постачання кисню до тканин та покращує обмінні процеси в клітинах. Лікувальні властивості меду та застосування його в профілактиці та лікуванні різних захворювань стрімко розширюється. Це пояснює постійно зростаючий попит на мед серед населення, особливо в умовах техногенного навантаження, коли потреба в природних засобах підтримки здоров'я стає ще актуальнішою.

Сьогодні бджільництво впроваджує новий екологічний напрям – виробництво органічного меду, що відрізняється високими стандартами якості. Якість та безпека меду є важливими характеристиками, які безпосередньо залежать від екологічного середовища, у якому він виробляється (Lukash et al., 2021;

Zhukorskyi, O. & Atarshchykova, 2023). Техногенне навантаження на нектарапилконосні угіддя суттєво впливає на якість меду, що підтверджується накопиченням токсичних речовин у продукті та його використанням як біоіндикатора (Mbiru A, 2011). Мед як біоіндикатор можна використовувати для визначення рівня забруднення навколишнього середовища вибраними забруднювачами, у тому числі важкими металами. Дослідження, проведені Verma та ін. (2023) і Zajdel та ін. (2023), виявили, що медоносна бджола (*Apis mellifera*) може бути ефективним індикатором забруднення важкими металами в навколишньому середовищі. Вона відображає присутність і концентрацію цих металів у рослинах поблизу пасік.

Інтенсифікація народногосподарського виробництва призвела до суттєвого підвищення техногенного навантаження на навколишнє середовище. Особливе занепокоєння серед практиків та науковців викликає забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення токсикантами, зокрема і важкими металами. В умовах сучасного агровиробництва ґрунти сільськогосподарського призначення піддаються високому техногенному навантаженню, що зумовлено активною хімізацією рослинництва (Razanov et al., 2022). Зростання використання пестицидів і мінеральних добрив (фосфорних, калійних та азотних) призводить до поступового забруднення ґрунтів важкими металами. Особливо гострою ця проблема стоїть у регіонах з інтенсивним землеробством. Це створює серйозні ризики для якості меду та здо-

ров'я споживачів, підкреслюючи необхідність удосконалення екологічно чистих методів виробництва. Якість та безпечність продуктів бджільництва значною мірою залежать від екологічного стану медоносних угідь і рівня забруднення ґрунтів (Vradii, 2023).

Потрапляючи в ґрунти, важкі метали перебувають в обмінній формі та включаються в колообіг «ґрунт – рослини» і, відповідно, накопичуються в їхніх тканинах, а далі – у продукції (Kastrati et al., 2021). Інтенсивність переміщення цих металів із ґрунту в рослини залежить від низки чинників: ботанічного походження рослин, інтенсивності забруднення ґрунтів, типу ґрунту, рН ґрунтового середовища, врожайності, рівня зволоження ґрунтів (Razanov et al., 2022; Broshkov et al., 2023; Ravis et al., 2023). Концентрації елементів у ґрунті та рослинах у порядку спадання, за даними Pietrelli et al., 2022, виглядають так:  $Zn > Pb > Cu > Ni > Cr > Cd$ . Накопичення важких металів у рослинній сировині призводить до надходження токсикантів у продукти живлення живих організмів, у тому числі і комах, зокрема медоносної бджоли. Високе накопичення токсичних важких металів у рослинах є небезпечним для харчового ланцюга і може завдати шкоди здоров'ю людей, тварин та бджіл (Kobysh et al., 2021).

Пристосування бджіл до корму є важливим аспектом їх еволюції, що відображає складний взаємозв'язок між ними та їхнім середовищем. Усіма необхідними поживними речовинами бджоли забезпечують себе, використовуючи нектар та квітковий пилок ентомофільних культур, з яких вони в бджолиних гніздах переробляють на мед та пергу (вуглеводний та білковий корм). Потужність нектаропилконосної бази визначається рівнем виробництва продуктів живлення для бджіл (нектар і квітковий пилок) та активністю бджіл до збору цих продуктів (Razanov et al., 2021). Ці продукти впливають на інтенсивність розвитку бджіл та їхню продуктивність. Бджолине гніздо бджоли будують із воску, що виробляється їхніми восковими залозами. У процесі використання стільників бджолиного гнізда у них накопичуються невоскові компоненти, кокони, неперетравні рештки корму личинок, кристали меду та пильцеві зерна перги, що призводять до зниження їхньої якості.

Забруднення навколишнього середовища важкими металами, зокрема рослинницької сировини нектару і квіткового пилку, має певний вплив на накопичення цих елементів у бджолиних гніздах (Zarić et al., 2022). Установлено, що вміст цих важких металів у стільниках залежав від їх призначення, терміну використання, інтенсивності забруднення меду і перги та кількості виведених генерацій бджіл,

а також від рівня техногенного навантаження на нектаропилконосні угіддя. Найнижчий рівень Pb і Cd виявлено у світлих стільниках (язиках), які не використовувалися бджолами для переробки нектару і квіткового пилку, збереження меду і перги та вирощування розплоду. Темно-коричневі та темні стільники, що використовувалися бджолами протягом трьох років для вирощування розплоду та збереження корму, мали високий вміст токсикантів. У стільниках із пергою виявлено вищий вміст Pb і Cd порівняно з медом. Важливо зазначити, що внаслідок переробки старих стільників близько 98% Pb і Cd залишається у мерві, яка містить залишки коконів та неперетравних рештків корму личинок. Дослідження показали, що якість бджолиного гнізда впливає на вміст Pb і Cd у меді, який зберігався у ньому. Мед, який зберігався у світлих стільниках, перероблявся бджолами із цукрового сиропу без використання для вирощування розплоду, мав нижчий вміст Pb і Cd, аніж із темних стільників тривалого терміну використання, у якому вирощувався розплід.

Проте особливості надходження Zn у бджолине гніздо та його вплив на якість меду досі не вивчено достатньо. Це підкреслює необхідність подальших досліджень для кращого прогнозування якості виробництва меду.

Цинк є важливим мікроелементом, необхідним для функціонування живих організмів. Однак у високих концентраціях він може стати токсичним та небезпечним для людини, викликаючи шлунково-кишкові розлади. Останнім часом кількість Zn у природному середовищі, у тому числі і в ґрунтах нектаропилконосних угідь, помітно зростає. Це явище потребує контролю за міграцією та накопиченням цинку у харчову сировину, включаючи мед. Особливої актуальності набуває прогнозована якість виробництва меду за органічного бджільництва. Mititelu et al. (2023) дослідили концентрацію накопичення важких металів у липовому, акацієвому, ріпаковому і поліфлорному меді та ґрунті, зібраних із трьох регіонів із різним ступенем забруднення, і виявили сильний вплив ступеня забруднення навколишнього середовища на рівень забруднень у зразках меду.

**Мета дослідження** – вивчення особливостей накопичення Zn у бджолиних гніздах та його надходження у мед за умов техногенного навантаження на нектаропилконосні угіддя Лісостепу правобережного.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проводилися на бджолиних сім'ях української породи бджіл, які утримувалися у вуликах-лежаках в умовах Вінниччини Лісостепу правобережного. Піддослідні групи бджолиних сімей формувалися за

принципом груп-аналогів. Для цього були сформовані 4 групи по 5 бджолиних сімей у кожній.

Варіанти досліджу включали п'ять окремих територій нектаропилконосних угідь із посівами соняшнику. I та II варіанти досліджу – землі Тиврівського району Вінницької області (48°59'20" пн. ш. 28°26'30" сх. д.), III, IV, V варіанти досліджу – Жмеринського району Вінницької області (48°55'04" пн. ш. 28°06'37" сх. д.), кожна із цих територій розміщувалася на відстані не ближче 5–8 км один від одного.

Для дослідження впливу якості стільників бджолиного гнізда піддослідні зразки формували за кількістю виведених у них генерацій бджіл: I варіант – свіжовідбудовані стільники, II варіант – 3–4 генерації бджіл, III варіант – 7–8, IV варіант – 11–13 генерацій.

Визначення кількості вирощених генерацій бджіл у стільниках проводили протягом активного сезону шляхом підрахунку кратності розвитку бджіл від яйця до дорослої особини тривалістю 21 добу.

Відбір меду, перги, подрібнених стільників проводили методом точкових проб, по 0,3 кг кожного зразка.

Для відбору зразків стільника з кожної сім'ї відбирали по три воскових стільники і за допомогою ножа вирізали п'ять шматочків воску (5 × 5 см). Воскову сировину потім зберігали у морозильній камері при температурі -5°C до аналізу.

Відбір ґрунту нектаропилконосних угідь проводили методом точкових проб на глибині обробітку ґрунту (22–24 см) в умовах польової сівозміни та 10–12 см – в умовах природних лук та лісових насаджень. Ґрунти нектаропилконосних угідь – сірі лісові.

Уміст Zn у дослідних зразках ґрунту, меду, перги, подрібнених стільників визначали атомно-абсорбційним методом на спектрометрі Квант 2 АТ (DSTU 4770.1-9:2007).

Біометричну обробку отриманих результатів досліджень проводили з урахуванням середнього арифметичного значення (M), середнього квадратичного відхилення (m) та достовірності різниці середніх значень (критерії P). Для позначення ймовірності в таблицях використовуються умовні позначення: P < 0,05\*; P < 0,01\*\*; P < 0,001\*\*\*

**Результати дослідження та їх обговорення.** У сучасних умовах, де основним пріоритетом стає принцип екологічної раціональності, активно розвиваються та використовуються системи, технології та методи, спрямовані на створення екологічно безпечної продукції у галузі рослинництва і бджільництва. У сучасних умовах техногенного навантаження на нектаропилконосні угіддя спостерігається накопичення різних токсикантів як у ґрунтах, так і в нектарі

та квітковому пилку, які є кормами для бджіл (Hutsol, 2020). Основні концентрації металів у меді походять із ґрунту. Ці метали транспортуються через кореневу систему рослин, потрапляють у нектар, а далі – у мед, який виробляють бджоли (Pohl, 2009).

Рівень накопичення важких металів у меді залежить від інтенсивності забруднення нектаропилконосних угідь цими токсикантами та від якості бджолиного гнізда. Дослідження показали, що вміст Zn у стільниках залежав від його концентрації у ґрунтах нектаропилконосних угідь. Зокрема, із підвищенням його рівня в ґрунтах відповідно зростала і концентрація Zn у стільниках бджолиного гнізда.

Таблиця 1

**Інтенсивність накопичення Zn у стільниках бджолиного гнізда, мг/кг ( $\bar{x} \pm SD$ , n = 4)**

Варіант досліджу	Ґрунти нектаропилконосних угідь	Стільники бджолиного гнізда
I	0,35 ± 0,02	0,58 ± 0,03***
II	0,52 ± 0,03	1,20 ± 0,14**
III	0,84 ± 0,04	1,47 ± 0,14*
IV	1,42 ± 0,12	2,67 ± 0,09***
V	2,60 ± 0,21	3,40 ± 0,11*
Середнє по варіантах	1,14 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,86 ± 0,11**

Результати досліджень (табл. 1) показали, що вміст Zn у бджолиних стільниках змінювався залежно від рівня забруднення ним ґрунтів нектаропилконосних угідь. Зокрема, уміст Zn у восковій сировині перевищує його концентрацію у ґрунтах. Так, у ґрунтах нектаропилконосних угідь із умістом токсиканта у I варіанті 0,35 мг/кг, II – 0,52 мг/кг, III – 0,84 мг/кг, IV – 1,42 мг/кг та V – 2,60 мг/кг концентрація Zn у стільниках бджолиного гнізда була вища у відповідних варіантах на 65,7% (P < 0,001), у 2,3 рази (P < 0,01), на 75,0% (P < 0,01), на 88,0% (P < 0,001) та на 30,7% (P < 0,05).

Поряд із цим варто зазначити, що підвищення вмісту елемента у ґрунті у другому варіанті на 48,5%, третьому – у 2,4 рази, четвертому – у 4,05 рази та п'ятому – у 7,42 рази призвело до зростання вмісту Zn у стільниках відповідно у 2,06 рази (P < 0,001), 2,53 рази, 1,88 рази та 5,8 рази.

У середньому по варіантах у стільниках уміст цинку накопичувався більше на 63,1% (P < 0,01). Таким чином, виявлено певну залежність у накопиченні Zn у стільниках та вмісту його у ґрунтах нектаропилконосних угідь, що свідчить про його міграцію з навколишнього середовища до бджолиного гнізда.

У процесі використання бджолами стільни-

ків бджолиного гнізда спостерігається накопичення невоскових компонентів, що значно знижує його якість через накопичення різних токсикантів (Kovalchuk et al., 2014). Оскільки важкі метали можуть накопичуватися протягом тривалого періоду часу, бджоларі регулярно видаляють старі, темні та пошкоджені стільники під час активного бджільницького сезону та переробляють на віск (Svečnjak et al., 2019). Однак якість бджолиного воску рідко досліджується, мабуть, через те, що його не вживають внутрішньо, унаслідок чого він зазвичай залишається поза увагою наукових досліджень. Хоча бджолиний віск безпосередньо не споживається людьми, він відіграє важливу біологічну та екологічну роль як гніздо для розплоду медоносних бджіл, а стільники служать місцем, де бджоли зберігають свій корм та вирощують розплід. Концентрація важких металів не перевіряється регулярно під час виготовлення воскової сировини. Якість та вік використаних стільників можуть істотно поліпшити якість розплоду, впливати на вагу робочих бджіл, що, своєю чергою, підвищує продуктивність бджолиних сімей (Abd Al-Fattah, 2021). Hassona and El-Wahed (2023) підтверджують, що з часом у міру старіння стільників із бджолиного воску концентрація важких металів зростає. Установлено, що вміст Zn у стільниках залежить від їх призначення. Найвища концентрація спостерігалася у стільниках, що використовувалися для розплоду, тоді як у стільниках, де зберігалися перга та мед, вміст Zn був нижчим. Zafeiraki et al. (2022) виявлено вищі рівні токсичних мікроелементів у старому воску та перенесення їх до меду та перги. Найнижча концентрація Zn фіксувалася у свіжовідбудованих стільниках, проте з часом використання її рівень підвищувався.

За результатами досліджень (табл. 2) виявлено, що найвищий вміст Zn спостерігався у стільниках бджолиного гнізда, у яких бджоли вирощували розплід.

Порівняно нижчий вміст Zn у стільниках, у яких зберігалися перга та мед. Найнижчий вміст даного елемента виявлено у свіжовідбудованих стільниках.

У стільниках, які використовувалися бджолами під вирощування розплоду, вміст цинку становив у I варіанті 0,748 мг/кг, у II – 1,289 мг/кг, у III – 1,617 мг/кг, у IV – 3,022 мг/кг та у V – 3,778 мг/кг, що перевищує аналогічні показники у стільниках відповідних груп, у яких бджоли зберігали пергу, у 4,4 рази, 4,4 рази, 4,7 рази, 7,2 рази та 6,6 разів відповідно. Ще більша різниця у вмісті Zn виявлено між стільниками, які бджоли використовували під вирощування розплоду та зберігання меду. Так, вміст цього токсиканта у стільниках, де бджоли вирощували розплід, був вищим у I варіанті у 18,7 рази, у II – у 18,4 рази, у III – у 18,0 рази, у IV – у 25,1 рази та V – у 31,5 рази порівняно зі стільниками з медом.

За результатами досліджень виявлено, що у стільниках, які бджоли використовували під виробництво і збереження меду, перги та вирощування розплоду, вміст Zn вищий у 58,1 рази ( $P < 0,001$ ), 2,39 рази ( $P < 0,01$ ) та 10,0 разів ( $P < 0,001$ ) порівняно зі свіжовідбудованими стільниками.

У зв'язку з високим вмістом Zn у стільниках, у яких бджоли вирощували розплід, виникла необхідність у більш детальнішому з'ясуванні особливостей його накопичення в бджолиному гнізді. Ураховуючи, що у бджолиних стільниках в процесі використання їх бджолами для вирощування розплоду у них накопичуються невоскові компоненти (коconi личинок та їх неперетравні рештки корму), подальші дослідження були спрямовані на вивчення інтенсивності накопичення Zn у стільниках бджолиного гнізда залежно від кількості виведених у них генерацій бджіл.

Для переконливішого результату досліджень з урахуванням того, що неперетравні рештки, корм бджолиних личинок, а також коconi зосереджуються переважно в зоні денця комірки, було досліджено інтенсивність накопичення Zn у різних частинах стільників. Виявлено, що вміст Zn у стільниках, у яких вирощувався розплід, залежав від кількості вирощених генерацій бджіл та тривалості їх використання (табл. 3).

Таблиця 2

Уміст Zn у стільниках залежно від способу їх використання бджолами, мг/кг ( $x \pm SD$ ,  $n = 4$ )

Варіант досліді	Свіжовідбудовані стільники	Стільники, в яких		
		вирощувався розплід	зберігали мед	зберігали пергу
I	0,044 ± 0,002	0,748 ± 0,032***	0,042 ± 0,003	0,167 ± 0,021***
II	0,023 ± 0,002	1,289 ± 0,212***	0,065 ± 0,001	0,289 ± 0,009***
III	0,028 ± 0,001	1,617 ± 0,426***	0,089 ± 0,004*	0,344 ± 0,027***
IV	0,036 ± 0,002	3,022 ± 0,308***	0,116 ± 0,032*	0,422 ± 0,031***
V	0,047 ± 0,002	3,778 ± 0,402***	0,117 ± 0,017*	0,567 ± 0,030***
Середнє по варіантах	0,036 ± 0,001	2,091 ± 0,426***	0,086 ± 0,003*	0,356 ± 0,023***

Таблиця 3

Накопичення Zn у стільниках за різної кількості вирощених у них генерацій бджіл, мг/кг ( $x \pm SD$ ,  $n = 4$ )

Кількість вирощених генерацій бджіл	Вміст цинку у		
	стільнику	середньостінні стільника	стінках комірок
0 (I варіант)	0,061 ± 0,003	0,064 ± 0,003	0,062 ± 0,002
3-4 (II варіант)	0,209 ± 0,022***	0,567 ± 0,038***	0,203 ± 0,037****
7-8 (III варіант)	0,515 ± 0,027***	1,238 ± 0,411***	0,389 ± 0,021***
11-13 (IV варіант)	1,536 ± 0,313***	2,978 ± 0,342***	0,617 ± 0,034***

За вирощування в стільниках 3–4 генерацій розплоду бджіл уміст токсиканта підвищився у 3,5 рази ( $P < 0,001$ ), 7–8 генерацій – у 8,6 рази ( $P < 0,001$ ) та 11–13 генерацій – у 25,6 рази ( $P < 0,001$ ) порівняно зі свіжовідбудованими стільниками без вирощування в них розплоду. Отримані дані дослідження підтверджують тісний зв'язок між умістом Zn у стільниках бджолиного гнізда та кількістю вирощених у них генерацій бджіл. Водночас виявлено зниження вмісту Zn в організмі бджоли під час її розвитку в постембріональний період у стільниках у період вивільнення від неперетравних решток корму та личинки, які формують невоскові компоненти стільників. Так, в організмі бджоли на стадії личинки (4–5 доба) уміст Zn становив у середньому  $0,0074 \pm 0,0004$  мг/кг, тоді як на стадії передлялечки (2–3 доба) – знизився на 28,3% ( $P < 0,001$ ) та лялечки (7–8 доба) – на 36,5% ( $P < 0,001$ ).

Виявлено, що вміст Zn у середостінні стільника, де зосереджуються неперетравні рештки корму та кокони личинок після личинки, був вищим у 4,8 рази ( $P < 0,001$ ) порівняно зі стінками комірок.

Отже, за результатами досліджень встановлено особливості забруднення Zn бджолиного гнізда в процесі використання його бджолами. З'ясовано, що концентрація цього елемента у стільниках зумовлена накопиченням у них невоскових компонентів, кристалів меду, пильцевих зерен, коконів та неперетравних рештків корму личинок. Найвища інтенсивність накопичення Zn у бджолиних стільниках спостерігалася за вирощування в них розплоду, та зі збільшенням кількості виведених генерацій бджіл його вміст підвищувався.

Переробка та збереження меду у стільниках бджолиного гнізда певною мірою впливають на якість продукції. Бджолиний віск накопичує у своєму складі такі важкі метали, як Fe, Cr, Zn, Cu, Ni, Mn, Pb, Cd і Co (Gajger et al., 2019). У бджолиному воску виявлено різну кількість Zn у діапазоні від 1 до 81,200 мкг/г (Formicki et al., 2013), 5,707 мкг/г (Ullah et al., 2022), 19,699, 6,272 та 0,776 мг/г (Aljedani et al., 2020).

Ураховуючи інтенсивне накопичення Zn у стільниках бджолиного гнізда, виникає необхідність

у вивченні впливу його на якість виробленого в ньому меду. Зниження якості бджолиного гнізда в процесі використання його бджолами призводить до накопичення у меді в процесі його переробки та зберігання кристалів меду, пилькових зерен та інших розчинних речовин, що певною мірою може впливати на його хімічний склад. Результати дослідження Tibebe et al. (2022) показали, що концентрації Zn у зразках меду коливалися від 1,97 до 2,04 мкг/г для меду. Mbirgi et al. (2008) виявили, що більшість зразків меду мали високий рівень Zn із середнім значенням  $0,19 \pm 0,06$  ppm. Установлено, що мед у бджолиних гніздах піддається повторному накопиченню цинку.

Виявлено також певний вплив рівня забруднення Zn бджолиного гнізда на його накопичення в монофлорному соняшниковому меді (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив якості бджолиного гнізда на накопичення Zn у меді, мг/кг ( $x \pm SD$ ,  $n = 4$ )

Варіант досліджень	Кількість вирощених генерацій бджіл у стільниках бджолиного гнізда	Вміст Zn у соняшниковому меді	ГДК
I	0	0.435 ± 0.017	10
II	3-4	0.446 ± 0.019	10
III	7-8	0.514 ± 0.018*	10
IV	11-13	0.556 ± 0.016****	10

За переробки нектару із соняшника та збереження меду у стільниках, у яких не вирощувався розплід, уміст Zn у меді (I варіант) становив 0,435 мг/кг, за вирощування розплоду 3–4 генерацій (II варіант) – підвищився на 2,2%, 7–8 генерацій бджіл (III варіант) – на 18,2% ( $P < 0,05$ ) та 11–13 генерацій (IV варіант) – на 27,8% ( $P < 0,001$ ). Поряд із цим необхідно відзначити, що вміст Zn у меді не перевищував ГДК (10 мг/кг).

За результатами досліджень встановлено, що якість стільників бджолиного гнізда певною мірою впливає на інтенсивність накопичення Zn у виробленому в них меді.

## Висновки

Підвищення вмісту Zn у ґрунтах нектаропилконосних угідь значно впливає на накопичення цього металу в бджолиних стільниках, збільшуючи його вміст у 2,06–5,8 рази. Протягом трьох років використання бджолиного гнізда призвело до підвищення рівня накопичення Zn у стільниках, де бджоли вирощували розплід, у 58,0 рази, а у стільниках, де зберігався мед, – у 2,4 рази. Виявлено зниження рівня Zn в організмі бджіл

на стадії передлялечки та лялечки, що вказує на зміни у метаболізмі бджіл. Спостерігалось підвищення вмісту Zn у середостінні стільника, де зосереджуються неперетравні рештки корму личинок та кокони. Установлено залежність між умістом Zn у стільниках і його концентрацією в меді. Це підкреслює важливість моніторингу забруднення важкими металами у бджолиному середовищі, оскільки це може істотно вплинути на якість бджолиного меду та безпеку продуктів бджільництва.

## ЛІТЕРАТУРА

- Брошков М.М., Безалтична О.О., Китаєва А.П., Ясько В.М. Уміст проліну та важких металів у продуктах бджільництва різних агроєкологічних умов України. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С.З. Гжицького. Серія «Ветеринарні науки»*. 2023. Вип. 25. № 112. С. 118–122. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet11219>.
- Врадій О.І. Інтенсивність накопичення важких металів у перзі з квіткового пилку лісопаркових нектаропилконосів Правобережного Лісостепу. *Бджільництво України*. 2023. № 11. С. 11–16. DOI: [10.46913/beekkeepingjournal.2023.11.02](https://doi.org/10.46913/beekkeepingjournal.2023.11.02).
- Гуцол Г.В. Оцінка інтенсивності забруднення медоносних угідь важкими металами. *Міжнародний незалежний науковий журнал*. 2020. № 15. С. 5–11.
- Жукорський О., Атарщикова А. Використання апііндикації для підвищення ефективності державної системи моніторингу забруднених територій. *Вісник аграрної науки*. 2023. Вип. 101(7). С. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202307-06>.
- Кобиш А.І., Чечет О.М., Шуляк С.В., Омельчун Ю.А., Мячка К.С., Марченко Т.В., Лінійчук Н.В. Проблема поширення токсикантів у тваринництві і довкіллі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Ветеринарна медицина»*. 2021. Вип. 3(54). С. 17–25. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.3.3>.
- Ковальчук І.І., Федорук Р.С., Ковальська Л.М. Рівень важких металів у продукції карпатських бджіл різних породних типів в умовах Закарпаття. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. Вип. 1(39). Ч. 1. С. 151–157.
- Рівіс Ю.Ф., Постоецько В.О., Стасів О.Ф., Стадницька О.І., Усенко О.О., Шаферівський Б.С., Безалтична О.О., Ясько В.М., Гарбар А.В., Саранчук І.І., Клим О.Я., Дяченко О.Б., Гопаненко О.О. Склад важких металів і вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах бджіл залежно від екологічного стану довкілля. *Бджільництво України*. 2023. № 10. С. 46–59. DOI: [10.46913/beekkeepingjournal.2022.10.07](https://doi.org/10.46913/beekkeepingjournal.2022.10.07).
- Abd Al-Fattah, MAAW, Yehia I.Y, Haggag I.M. Some biological aspects of honey bee colonies in relation to the age of beeswax combs. *Journal of Apicultural Research*. 2021. Vol. 60. P. 405–413. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1899657>
- Aljedani D.M. Revealing some elements and heavy metals in honeybee and beeswax samples collected from different environments. *Entomology and Applied Science Letters*. 2020. Vol. 7. P. 89–101
- Durazzo A., Lucarini M., & Plutino M. Antioxidant Properties of Bee Products Derived from Medicinal Plants as Beekeeping Sources. *Agriculture*. 2021. Vol. 11 (11). № 1136. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11111136>.
- Formicki G., Greń A., Stawarz R. Zyśk B., & Gał A. Metal content in honey, propolis, wax, and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. *Polish Journal of Environmental*. 2013. Vol. 22. P. 99–106.
- Gajger I.T., Kosanović M., Oreščanin V., Kos S., Bilandžić N. Mineral content in honeybee wax combs as a measurement of the impact of environmental factors. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2019. Vol. 103. P. 697–703. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02713-y>
- Hassona N.M., El-Wahed A.A.A. Heavy Metal Concentrations of Beeswax (*Apis mellifera* L.) at Different Ages. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2023. Vol. 111(3). № 26. DOI: [10.1007/s00128-023-03779-5](https://doi.org/10.1007/s00128-023-03779-5).
- Kastrati G., Paçarizi M., Sopaj F., Tašev K., Stafilov T., Mustafa M.K. Investigation of Concentration and Distribution of Elements in Three Environmental Compartments in the Region of Mitrovica, Kosovo: Soil, Honey and Bee Pollen. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18 (5). № 2269. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052269>
- Lukash O., Strilets S., Yakovenko O. et al. Prediction on the content of radionuclides and heavy metals of the *Solidago canadensis* L. use as a honey resource in Polesie. *Ecological Questions*. 2021. Vol. 32 (4). P. 35–47. DOI: <https://doi.org/10.12775/EQ.2021.032>
- Mbiri A., Onditi A., Oyaro N. Determination of essential and heavy metals in Kenyan Honey by atomic absorption and emission spectroscopy. *Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology*. 2011. Vol. 13. № 107–15.
- Mititelu M., Ioana Udeanu D., Docea A., Tsatsakis A., Calina D., Letitia Arsene A., Nedelescu M., Marius Neacsu S., Ștefan Velcescu B., Ghica M. New method for risk assessment in environmental health: The paradigm of heavy metals in honey. *Environmental Research*. 2023. Vol. 236 (1). № 115194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115194>
- Monchanin C., Drujont E., Devaud J.-M. et al. Metal pollutants have additive negative effects on honey bee cognition. *Journal of Experimental Biology*. 2021. № 224. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.241869>
- Pietrelli L., Menegon P., Papetti P. Bioaccumulation of Heavy Metals by Herbaceous Species Grown in Urban and Rural Sites. *Water Air Soil Pollution*. 2022. Vol. 233. № 141. DOI: [10.1007/s11270-022-05577-x](https://doi.org/10.1007/s11270-022-05577-x)
- Pohl P. Determination of Metal Content in Honey by Atomic Absorption and Emission Spectrometries. *Trends in Analytical Chemistry*. 2009. Vol. 28. P. 117–128.



Razanov S., Melnyk V., Symochko L., Dydiv A., Vradii O., Balkovskiy V., Khirivskiy P., Panas N., Lysak H., Koruniak O. Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022. Vol. 12 (4). P. 459–464. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.458>.

Razanov S., Piddubna A., Gucol G., Symochko L., Kovalova S., Bakhmat M., Bakhmat O. Estimation of heavy metals accumulation by vegetables in agroecosystems as one of the main aspects in food security. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (3). P. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.320>.

Razanova O., Kucheriavy V., Tsaruk L., Lotka H., Novgorodska N. Productive flight activity of bees in the active period in the conditions of Vinnytsia region. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2021. Vol. 9 (4). № 2138. DOI: [10.31893/jabb.21038](https://doi.org/10.31893/jabb.21038)

Svečnjak L., Chesson L.A., Gallina A., Maia M., Martinello M., Mutinelli F., Necati Muz M., Nunes F.M., Saucy F., Tipple B.J., Wallner K., Waś E., Waters T.A. Standard methods for Apis mellifera beeswax research. *Journal of Apicultural Research*. 2019. Vol. 58. P. 1–108. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1571556>

Tibebe D., Hussen M., Mulugeta M., Yenealem D., Moges Z., Gedefaw M., Kassa Y. Assessment of selected heavy metals in honey samples using flame atomic absorption spectroscopy (FAAS), Ethiopia. *BMC Chemistry*. 22. Vol. 216. № 87. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00878-y>

Ullah R., Jan F.A., Gulab H., Saleem S., Ullah N., Wajidullah. Metals contents in honey, beeswax and bees and human health risk assessment due to consumption of honey: a Case study from selected districts in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2022. Vol. 82. P. 341–354. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00910-7>

Verma V., Singh R., Kumar V. Bioaccumulation and analysis of heavy metals, minerals, and trace elements in the soil, pollen, nectar, and honey samples from Majha region, Punjab, India. *The Pharma Innovation Journal*. 2023. Vol. 12 (12). P. 4034–4044.

Zafeiraki E., Sabo R., Kasiotis K.M., Machera K., Sabová L., Majchrák T. Adult Honeybees and Beeswax as Indicators of Trace Elements Pollution in a Vulnerable Environment: Distribution among Different Apicultural Compartments. *Molecules*. 2022. Vol. 27(19). № 6629. DOI: [10.3390/molecules27196629](https://doi.org/10.3390/molecules27196629).

Zajdel B., Migdał P., Murawska A., Murawska A., Jójczyk A., Berbec E., Kucharska K., Gąbka Ja. Concentration of heavy metals in pollen and bees *Osmia bicornis* L. in three different habitats in the łowicz district in central Poland. *Agriculture*. 2023. Vol. 13 (12). № 2209. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13122209>

Zarić N.M., Brodschneider R., Goessler W. Honey bees as biomonitors—Variability in the elemental composition of individual bees. *Environmental Research*. 2022. Vol. 204. P. 112237. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112237>

## REFERENCES

Abd Al-Fattah, MAAW, Yehia, I.Y., & Haggag, I.M. (2021). Some biological aspects of honey bee colonies in relation to the age of beeswax combs. *Journal of Apicultural Research*. 60. 405–413. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1899657>

Aljedani, D.M. (2020). Revealing some elements and heavy metals in honeybee and beeswax samples collected from different environments. *Entomology and Applied Science Letters*. 7. 89–101

Broshkov, M.M., Bezalychna, O.O., Kytaeva, A.P., & Yasko, V.M. (2023). Vmist prolinu ta vazhkykh metaliv u produktakh bdzhilnytstva riznykh ahroekolohichnykh umov Ukrainy [Content of proline and heavy metals in beekeeping products of different agro-ecological conditions of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Hzhyskoho. Seriya «Veterynarni nauky»*. 25. 112. 118–122. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet11219> [in Ukrainian].

Durazzo, A., Lucarini, M., & Plutino, M. (2021). Antioxidant Properties of Bee Products Derived from Medicinal Plants as Beekeeping Sources. *Agriculture*. 11 (11). 1136. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11111136>.

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

Gajger, I.T., Kosanović, M., Oreščanin, V., Kos, S., & Bilandžić, N. (2019) Mineral content in honeybee wax combs as a measurement of the impact of environmental factors. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 103. 697–703. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02713-y>

Hassona, N.M., & El-Wahed, A.A.A. (2023). Heavy Metal Concentrations of Beeswax (*Apis mellifera* L.) at Different Ages. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 111(3). 26. doi: [10.1007/s00128-023-03779-5](https://doi.org/10.1007/s00128-023-03779-5).

Hutsol, G.V. (2020). Otsinka intensyvnosti zabrudnennia medonosnykh uhid vazhkymy metalamy [Assessment of the intensity of contamination of honey-bearing lands with heavy metals]. *International independent scientific journal*. 15. 5–11. [in Ukrainian].

Kastrati, G., Paçarizi, M., Sopaj, F., Tašev, K., Stafilov, T., & Mustafa, M. K. (2021). Investigation of Concentration and Distribution of Elements in Three Environmental Compartments in the Region of Mitrovica, Kosovo: Soil, Honey and Bee Pollen. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (5). 2269. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052269>

Kobysh, A.I., Chechet, O.M., Shuliak, S.V., Omelchun, Yu.A., Miahka, K.S., Marchenko, T.V., & Liniichuk, N.V. (2021). Problema poshyrennia toksykantiv u tvarynytsvii i dovkilli [The problem of the spread of toxicants in animal husbandry and the environment]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Veterynarna medytsyna*, 3 (54), 17–25. DOI: <https://doi.org/10.32845/bnsau.vet.2021.3.3>. [in Ukrainian].

Kovalchuk, I.I., Fedoruk, R. S., & Kovalska, L. M. (2014). Riven vazhkykh metaliv u produktii karpatskykh bdzhil riznykh porodnykh typiv v umovakh Zakarpattia [The level of heavy metals in products of Carpathian bees of different breed types in the conditions of Transcarpathia]. *Visnyk ZhNAEU*, 1 (39), 1, 151–157. [in Ukrainian].

Lukash, O., Strilets, S., Yakovenko, O. et al. (2021). Prediction on the content of radionuclides and heavy metals of the *Solidago canadensis* L. use as a honey resource in Polesie. *Ecological Questions*. 32 (4). 35–47. DOI: <https://doi.org/10.12775/EQ.2021.032>

Mbiri, A., Onditi, A., & Oyaro, N. (2011). Determination of essential and heavy metals in Kenyan Honey by atomic absorption and emission spectroscopy. *Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology*. 13. 107–115.

- Mititelu, M., Ioana Udeanu, D., Docea, A., Tsatsakis, A., Calina, D., Letitia Arsene, A., Nedelescu, M., Marius Neacsu, S., Ștefan Velescu, B., & Ghica, M. (2023). New method for risk assessment in environmental health: The paradigm of heavy metals in honey. *Environmental Research*, 236. 1. 115194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115194>
- Monchanin, C., Drujont, E., & Devaud, J.-M. et al. (2021). Metal pollutants have additive negative effects on honey bee cognition. *Journal of Experimental Biology*. 224. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.241869>
- Pietrelli, L., Menegoni, P., & Papetti, P. (2022). Bioaccumulation of Heavy Metals by Herbaceous Species Grown in Urban and Rural Sites. *Water Air Soil Pollution*. 233. 141. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05577-x>
- Pohl, P. (2009). Determination of Metal Content in Honey by Atomic Absorption and Emission Spectrometries. *Trends in Analytical Chemistry*. 28. 117–128
- Razanov, S., Melnyk, V., Symochko, L., Dydiv, A., Vradii, O., Balkovskiy, V., Khirivskiy, P., Panas, N., Lysak, H., & Koruniak, O. (2022). Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 12 (4). 459–464. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec12.458>
- Razanov, S., Piddubna, A., Gucol, G., Symochko, L., Kovalova, S., Bakhmat, M., & Bakhmat, O. (2022). Estimation of heavy metals accumulation by vegetables in agroecosystems as one of the main aspects in food security. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 12 (3). 159–164. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec12.320>
- Razanova, O., Kucheriavy, V., Tsaruk, L., Lotka, H., & Novgorodska, N. (2021). Productive flight activity of bees in the active period in the conditions of Vinnytsia region. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 9 (4). 2138. DOI: [10.31893/jabb.21038](https://doi.org/10.31893/jabb.21038)
- Rivis, Y.F., Postoienco, V.O., Stasiv, O.F., Stadnytska, O.I., Usenko, O.O., Shaferivskiy, B.S., Bezalychna, O.O., Yasko, V.M., Harbar, A.V., Saranchuk, I.I., Klym, O.Ia., Diachenko, O.B., & Hopanenko, O.O. (2023). Sklad vazhkykh metaliv i vmist neesteryfikovanykh zhyrnykh kyslot u tkanyakh bdzhil zalezno vid ekolohichnoho stanu dovkillia [The composition of heavy metals and the content of non-esterified fatty acids in bee tissues depending on the ecological state of the environment]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*. 10. 46–59. DOI: [10.46913/beekeepingjournal.2022.10.07](https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.10.07) [in Ukrainian].
- Svečnjak, L., Chesson, L.A., Gallina, A., Maia, M., Martinello, M., Mutinelli, F., Necati Muz, M., Nunes, F.M., Saucy, F., Tipple, B.J., Wallner, K., Waś, E., & Waters, T.A. (2019). Standard methods for Apis mellifera beeswax research. *Journal of Apicultural Research*. 58. 1–108. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1571556>
- Tibebe, D., Hussen, M., Mulugeta, M., Yenealem, D., Moges, Z., Gedefaw, M. & Kassa, Y. (2022). Assessment of selected heavy metals in honey samples using flame atomic absorption spectroscopy (FAAS), Ethiopia. *BMC Chemistry*. 16. 87. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00878-y>
- Ullah, R., Jan, F.A., Gulab, H., Saleem S., Ullah, N., & Wajidullah (2022). Metals contents in honey, beeswax and bees and human health risk assessment due to consumption of honey: a Case study from selected districts in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arch Environ Contam Toxicol*. 82. 341–354. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00910-7>
- Verma, V., Singh, R., & Kumar, V. (2023). Bioaccumulation and analysis of heavy metals, minerals, and trace elements in the soil, pollen, nectar, and honey samples from Majha region, Punjab, India. *The Pharma Innovation Journal*. 12 (12). 4034–4044
- Vradii, O.I. (2023). Intensyvni nakopychennia vazhkykh metaliv u perzi z kvitkovoho pytku lisoparkovykh nektaropylkonosiv Pravoberezhnoho Lisostepu [The intensity of accumulation of heavy metals in the filter from the flower pollen of the forest park nectarifera of the Right Bank Forest Steppe]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*. 11. 11-16. DOI: [10.46913/beekeepingjournal.2023.11.02](https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2023.11.02) [in Ukrainian].
- Zafeiraki, E., Sabo, R., Kasiotis, K.M., Macheria, K., Sabová, L., & Majchrák, T. (2022). Adult Honeybees and Beeswax as Indicators of Trace Elements Pollution in a Vulnerable Environment: Distribution among Different Apicultural Compartments. *Molecules*. 27(19). 6629. doi: [10.3390/molecules27196629](https://doi.org/10.3390/molecules27196629).
- Zajdel, B., Migdał, P., Murawska, A., Murawska, A., Jójczyk, A., Berbeć, E., Kucharska, K., & Gąbka Ja. (2023). Concentration of heavy metals in pollen and bees *Osmia bicornis* L. in three different habitats in the łowicz district in central Poland. *Agriculture*. 13 (12). 2209. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13122209>
- Zarić, N.M., Brodschneider, R., & Goessler, W. (2022). Honey bees as biomonitors—Variability in the elemental composition of individual bees. *Environmental Research*. 204. 112237. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112237>
- Zhukorskyi, O., & Atarshchykova, A. (2023). Vykorystannia apiindykatsii zadlia pokrashchennia efektyvnosti derzhavnoi systemy monitorynhu zabrudnykh terytorii [The use of api-indication to improve the efficiency of the state monitoring system of contaminated territories]. *Visnyk aharnoi nauky*. 101 (7). 51–59. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202307-06> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 19.09.2024.

Стаття прийнята до друку 18.10.2024.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

**Внесок авторів:**

**Разанов С.Ф.** – ідея, дизайн дослідження, коректування статті;

**Постосенко В.О.** – коректування статті, висновки;

**Разанов О.С.** – участь у написанні статті, збір та аналіз літератури;

**Бахмат О.М.** – участь у написанні статті, анотації;

**Недільська У.І.** – участь у написанні статті, резюме;

**Недашківський В.М.** – участь у написанні статті, збір та аналіз літератури;

**Мазурак О.Т.** – участь у написанні статті;

**Дидів А.І.** – участь у написанні статті.

**Електронна адреса для листування з авторами:**

[razanovsergej65@gmail.com](mailto:razanovsergej65@gmail.com)