

Наукова діяльність

ТВАРИННИЦТВО

© Й. Ф. Рівіс, І. І. Саранчук, О. Я. Клим, О. О. Безалтична, О. І. Стадницька, А. В. Шелевач, О. О. Гопаненко, В. Б. Тодорюк, 2026

УДК 638.1.638.124.577.12.546.3

DOI: 10.32636/agroscience.2026-(5)-3-10

ОСОБЛИВОСТІ НАГРОМАДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ТКАНИНАХ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ І БДЖОЛИНІЙ ПРОДУКЦІЇ

Йосип РІВІС¹, доктор сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-6249-3440
Іван САРАНЧУК², кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0003-4695-7804
Олег КЛИМ¹, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-6330-8489
Олена БЕЗАЛТИЧНА⁵, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-4257-0699
Ольга СТАДНИЦЬКА¹, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0001-6574-4068
Андрій ШЕЛЕВАЧ¹, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-7202-0911
Ольга ГОПАНЕНКО³, кандидат біологічних наук, ORCID: 0000-0003-0842-0248
Василь ТОДОРЮК⁴, кандидат ветеринарних наук, ORCID: 0000-0002-9902-0524

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН; ²Буковинська державна дослідна станція,

³Львівська медична академія імені Андрея Крупинського; ⁴Інститут біології тварин НААН

⁵Одеський державний аграрний університет, Україна

e-mail: rivisjf@mail.com

Актуальність запропонованої роботи полягає в наступному. Джерела емісії важких металів і шляхи їх надходження в навколишнє середовище відрізняються різноманітністю, але загалом вони мають техногенне походження як наслідок урбанізації та індустріалізації. Урбанізація та індустріалізація, зокрема діяльність промисловості, сільського господарства, енергетики й транспорту, а також інтенсивне видобування корисних копалин – все це призвело до надходження у повітря, воду, ґрунт і рослини важких металів, у тому числі високотоксичних (Плюмбуму, Кадмію й Арсену).

Піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська (*Apis mellifera* (L.) *carpatica*), були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt. Славсько, Стрийського району), передгірної (с. Нижня Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Львівського району) зон Львівської обл.

Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки медоносних бджіл, визначався вміст важких металів у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл, свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) і натуральних поліфлорних медах. Крім того, в кожній з наведених вище природних зон Карпатського регіону на кожній з трьох пасік у трьох вуликах на початку літнього періоду впродовж 36 днів щодванадцятий день досліджувалася інтенсивність яйцекладки бджолиних маток. Для цього використовувалися вимірювальні рамки.

Встановлено, що в бджолиному обніжжі, яке є основним кормом для бджіл, передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону, порівняно з умовно чистою гірською зоною, є більший вміст важких металів. Із наведеної вище таблиці також видно, що в бджолиному обніжжі лісостепової зони Карпатського регіону міститься найвищий рівень досліджуваних важких металів. При цьому вміст токсичних елементів Плюмбуму і Кадмію в бджолиному обніжжі в наведеній вище зоні є в 1,1 рази більшим за гранично допустиму концентрацію.

Встановлено також, що високий рівень важких металів у бджолиному обніжжі є причиною зростання їх вмісту в бджолиній продукції. Зокрема, в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) передгірної й особливо лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, зростає вміст Плюмбуму (відповідно в 1,52 і 2,24 рази) та Кадмію (відповідно в 2,00 і 3,50 рази). При цьому концентрація Хрому збільшується відповідно в 1,40 і 1,60 рази.

Ключові слова: важкі метали, бджоли, навколишнє середовище, рослини, бджолина продукція.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons

Вступ

В умовах сучасного землеробства хвороби качанів Міграція важких металів в об'єктах зовнішнього середовища спричинила нагромадження їх у рослинах (Mărgăoan R., Özkök A., Keskin Ş., Mayda N., Urcan A. C., Cornea-Cipcigan M., 2021) Як наслідок, одні види рослин поступилися місцем іншим і змінилися строки їх цвітіння, та тим самим умови збору бджолами нектару й обніжжя (Hsu P.-S., Wu T.-H., Huang M.-Y., Wang D.-Y., Wu M.-C., 2021).

Наведене вище призвело також до накопичення важких металів у тканинах медоносних бджіл і продуктах бджільництва (Mărgăoan R., Özkök A., Keskin Ş., Mayda N., Urcan A. C., Cornea-Cipcigan M., 2021; Takic M., Zekovic M., Terzic B., Stojasavljevic A., Mijuskovic M., Radjen S., Ristic-Medic D. 2021 Тому актуальним є питання виробництва екологічно безпечних продуктів бджільництва. Тим більше, що продукція медоносних бджіл займає чільне місце в

життєдіяльності людини (Hsu P.-S., Wu T.-H., Huang M.-Y., Wang D.-Y., Wu M.-C., 2021).

До якісних показників продукції медоносних бджіл ставляться дуже високі вимоги, оскільки на даний час Україна стала основним експортером медів в Європу.

У літературі є тільки фрагментарні дані щодо вмісту важких металів у тканинах медоносних бджіл і продукції бджіл, які утримуються в різних природних зонах Карпатського регіону (Klym O., Stadnytska O., 2019)

З огляду на наведене вище значний науково-практичний інтерес становлять дослідження вмісту важких металів, у тому числі токсичних, у тканинах медоносних бджіл і бджолиної продукції та з'ясування інтенсивності яйцекладки бджолиних маток і льотно-збиральної щодо обніжжя (пилку), воскової й медової продуктивності робочих бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.

Матеріали і методи

Піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська (*Apis mellifera* (L) *carpatica*), були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (с.мт. Славсько, Стрийського району), передгірної (с. Нижня Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Львівського району) зон Львівської області.

Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки медоносних бджіл, визначався вміст важких металів у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл, свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) і натуральних поліфлорних медах.

На початку літнього періоду в кожній з наведених вище природних зон Карпатського регіону на кожній з трьох пасік із трьох вуликів для лабораторних досліджень загальноприйнятими методами відбирались зразки бджолиного обніжжя, тканин черевця медоносних бджіл, свіжопобудованих бджолиних стільників. Крім того, в кожній з наведених вище природних зон Карпатського регіону на кожній з трьох пасік у трьох вуликах на початку літнього періоду впродовж 36 днів щодванадцятий день досліджувалася інтенсивність яйцекладки бджолиних маток. Для цього використовувалися вимірні рамки.

Впродовж літнього періоду в кожній з наведених вище природних зон Карпатського регіону на кожній з трьох пасік у п'яти вуликах шляхом відкачування медових рамок досліджувалась медова продуктивність бджолосімей. Одночасно для лабораторних досліджень відбирались зразки натуральних поліфлорних медів.

У відібраних зразках бджолиного обніжжя, тканин черевця бджіл, свіжопобудованих бджолиних стільників (язиків) і поліфлорних медів

визначався вміст важких металів Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Ніколу, Хрому, Плюмбуму та Кадмію на атомно-абсорбційному спектрофотометрі (Селмі-115) за В. В. Влізлом та ін. (Vlizlo V. V. et al., 2012).

Отриманий цифровий матеріал опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стюдента (Ібатуллін І. І., Жукорський О. М. 2017). Виразовувалися середні арифметичні величини ($\bar{M}$) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниці вважалися вірогідними за $p < 0,05$. Для розрахунків використана комп'ютерна програма Origin 6.0, Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Стан довкілля на об'єктах дослідження контрольної гірської зони, що розташована біля с.мт. Славське, Стрийського району, за шестиступеневою шкалою загальної забрудненості навколишнього середовища в Україні вважається умовно чистим (1 ступінь) (Zastavnyi F., 2011). На цій території власних промислових викидів найменше. Стан довкілля дослідної передгірної зони (с. Нижня Стинава, Стрийський район) характеризується помірним забрудненням (2 ступінь). Дослідна лісостепова зона (с. Миклашів, Львівський район) знаходиться в забрудненій (3 ступінь) зоні, яка межує з дуже забрудненою (4 ступінь).

Оцінка здійснена на основі дослідження сумарної забрудненості ґрунтів за валовими формами Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Ніколу, Хрому, Плюмбуму та Кадмію показує наступне (Статистичний довідник, 2013).

Контрольна гірська територія, для якої характерні бурі гірсько-лісові щебенюваті і дерново-буроземні ґрунти, знаходиться у відносно сприятливій зоні. Дослідна передгірна територія з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими, переважно поверхнево-оглеєними ґрунтами, розміщена на межі відносно сприятливої та помірно забрудненої зон. Дослідна лісостепова територія, для якої характерні дерново-підзолисті та дерново опідзолені, переважно поверхнево-оглеєні ґрунти, розташована на межі забрудненої та дуже забрудненої зон.

Для з'ясування сучасного стану рослинного покриву здійснено аналіз структури земель. Останній показав, що дотепер лісові угіддя біля с.мт. Славське Стрийського району, порівняно зі територією біля с. Нижня Стинава Стрийського району і с. Миклашів Львівського району, становлять найбільшу частку земель (Environment. Statistical information, 2013). Проте, власне, ліси займають лише 63% території від загальної площі териорії. Це означає, що певна частка лісових земель не зайняті деревостаном, а в кращому випадку чагарниками або пустищами. Екофункції цього покриву сприятливі для медозбору (Kryvyi M. M., Zhukovets O. I., Dikhtiar O. O., 2018).

Територія біля с. Нижня Стинава Стрийського району, де панують лучні угіддя,

прилягає до сильно знелісненої зони на межі території біля смт. Славсько Стрийського району. Екосистеми території біля с. Миклашів Львівського району переважно рілні, з невеликою часткою перелогів та лучних угідь, лісові практично відсутні.

Територія біля смт. Славсько Стрийського району освоєна під сільськогосподарські угіддя значно менше, ніж біля с. Нижня Стинава Стрийського і с. Миклашів Львівського районів (Статистична інформація, 2013). У ньому їх лише 24,8%. Рілля становить 6,9% від площі території району. Сукупно 17,7% займають лучні угіддя, 0,29% – сади.

На сільськогосподарських землях під непродуктивні площі відійшло трохи більше, ніж піввідсотка території. Це, як правило, оселища різнотрав'я. Загалом, підсумовуючи аналіз структури рослинного покриву, бачимо, що розораність угідь гірської зони становить 7-8%, передгірної – 40-46, лісостепової – 85-92%.

Таким чином стан екобезпеки в Карпатському регіоні, за шестиступеневою шкалою загальної забрудненості навколишнього середовища, характеризується наступним чином. Гірська екосистема розташована у Карпатській фізико-географічній місцевості в умовно чистій (1 ступінь) зоні, передгірна – у Передкарпатській височинній області в помірно забрудненій зоні (2

ступінь), а лісостепова – у Західному Лісостепі в забрудненій (3 ступінь) зоні, яка межує з дуже забрудненою (4 ступінь).

Отже, території, на котрих вибрані пасіки для дослідження впливу якості природного довкілля на чистоту продукції бджільництва, представляють усі зони забруднення Карпатського регіону та цілком відображають екоситуацію в Західній Україні.

Встановлено, що в бджолиному обніжжі, яке є основним кормом для бджіл, передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону, порівняно з умовно чистою гірською зоною, є більший вміст важких металів (табл. 1). Із наведеної вище таблиці також видно, що в бджолиному обніжжі лісостепової зони Карпатського регіону міститься найвищий рівень досліджуваних важких металів.

При цьому вміст токсичних Плюмбуму і Кадмію в бджолиному обніжжі в наведеній вище зоні є в 1,1 рази більшим за гранично допустиму концентрацію. Вважається, що високий рівень Плюмбуму в орному шарі ґрунту і як наслідок в бджолиному обніжжі зумовлений рухом автотранспорту (Razanov S. F., Didur I. M., Pervachuk M. V., 2015), а Кадмію – з внесенням в ґрунт меліорантів і мінеральних добрив, зокрема фосфорітису та суперфосфату відповідно (Razanov S. F., Didur I. M., Pervachuk M. V., 2015; Vozhehova R. A., Vlashchuk A.M., Drobit O. S. 2021).

Таблиця 1. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, у бджолиному обніжжі в різних природних зонах Карпатського регіону, $\text{г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	33,52 $\pm$ 0,830	37,11 $\pm$ 0,781*	43,39 $\pm$ 2,253**
Цинк, Zn	34,39 $\pm$ 1,91	39,20 $\pm$ 0,900*	42,72 $\pm$ 0,872**
Купрум, Cu	2,01 $\pm$ 0,089	3,02 $\pm$ 0,169*	4,20 $\pm$ 0,170***
Кобальт, Co	1,01 $\pm$ 0,029	1,14 $\pm$ 0,050*	1,44 $\pm$ 0,112***
Хром, Cr	4,10 $\pm$ 0,177	5,02 $\pm$ 0,180*	6,68 $\pm$ 0,149***
Нікол, Ni	0,58 $\pm$ 0,015	0,65 $\pm$ 0,015*	0,74 $\pm$ 0,023**
Плюмбум, Pb	0,13 $\pm$ 0,007	0,16 $\pm$ 0,009*	0,21 $\pm$ 0,012**
Кадмій, Cd	0,04 $\pm$ 0,003	0,07 $\pm$ 0,007*	0,10 $\pm$ 0,009**

Примітка. Тут і далі. Різниця вірогідні порівняно з гірською зоною: * – $p < 0,05-0,02$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення довкілля на піддослідних територіях. Високий рівень важких металів у повітрі, ґрунтових водах і ґрунтах є причиною зростання їх вмісту в бджолиному обніжжі та, видно, в тканинах медоносних бджіл і бджолиній продукції, отриманих у передгірній та, особливо, в лісостеповій зонах Карпатського регіону. Все це є

наслідком більшої урбанізації та індустріалізації наведених вище територій.

Слід відзначити, що в лісостеповій зоні Карпатського регіону, порівняно з гірською, в бджолиному обніжжі є досить високий вміст пробіотичних Цинку, Купруму, Кобальту. Наведені вище важкі метали в допустимих кількостях вкрай необхідні для нормальної життєдіяльності бджіл. Але підвищений в бджолиному обніжжі рівень

токсичних Плюмбуму та Кадмію видно здатний нівелювати позитивний вплив на організм бджіл. Дані літератури вказують на те, що хоча Цинк, Купрум, Кобальт, Плюмбум і Кадмій є двовалентними мінеральними елементами, але між ними є велика конкуренція за рівнем впливу на рослини та тваринні тканини (Borsuk G., Sulborska F., Stawiarz E., Olszewski K., Wiącek D., Ramzi N., Nawrocka A., Jędryczka M., 2021; Costa A., Veca M., Barberis M., Cicerinegri L., Tangorra F. M., 2021). Так, підвищений рівень токсичних Плюмбуму та Кадмію здатний нівелювати позитивний вплив пробіотичних важких металів на згадані тканини (Di N., Zhang K., Hladun K. R., Rust M., Chen Y.-F., Zhu Z.-Y., Liu T.-X., Trumble J. T., 2020; Costa A., Veca M., Barberis M., Cicerinegri L., Tangorra F. M., 2021).

Було зафіксовано, що високий рівень важких металів у бджолиному обніжжі в свою чергу є причиною зростання їх вмісту в тканинах

медоносних бджіл. При цьому в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й особливо лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям (163,76 г·10⁻³/кг сирової маси і 191,91 проти 127,61 г·10⁻³/кг сирової маси), є більший сумарний вміст досліджуваних важких металів (табл. 2, 3).

Особливо вагомо в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, підвищується рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму (у 1,38–1,70 рази) та Кадмію (у 1,78–2,33 рази). Також помітно збільшується концентрація елемента другого класу токсичності – Хрому (у 1,28–1,56 разів). Ці метали мають сильний, в основному негативний, вплив на тканини медоносних бджіл (Gizaw G., Kim Y. H., Moon K. H., Choi J. B., Kim Y., Park J. K., 2020).

Таблиця 2. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах черевця медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону, г·10⁻³/кг сирової маси (M±m, n=3)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	46,48±1,046	63,72±1,220***	77,03 ±1,630***
Цинк, Zn	77,08±1,190	91,32±1,536**	104,24±2,060***
Купрум, Cu	0,34±0,012	0,47±0,014**	0,59±0,014***
Кобальт, Co	0,31±0,009	0,36±0,014*	0,43±0,017**
Хром, Cr	2,43±0,070	3,12±0,082*	3,78±0,112**
Нікол, Ni	2,43±0,035	3,40±0,067***	4,13±0,059***
Плюмбум, Pb	0,88±0,035	1,21±0,038**	1,50±0,046***
Кадмій, Cd	0,09±0,009	0,16±0,006**	0,21±0,012**

Таблиця 3. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) в різних природних зонах Карпатського регіону, г·10⁻³/кг натуральної маси (M±m, n=3)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	21,31±0,425	41,02±2,682*	84,11±2,523*
Цинк, Zn	2,13±0,125	5,01±0,158**	8,10±0,255**
Купрум, Cu	0,06±0,005	0,12±0,003**	0,15±0,006**
Кобальт, Co	0,03±0,003	0,12±0,006**	0,18±0,003**
Хром, Cr	0,85±0,010	1,19±0,035**	1,36±0,023**
Нікол, Ni	0,32±0,005	0,53±0,020*	0,75±0,020**
Плюмбум, Pb	0,42±0,003	0,64±0,025*	0,94±0,047**
Кадмій, Cd	0,02±0,047	0,05±0,073*	0,07±0,006*

Встановлено також, що високий рівень важких металів у бджолиному обніжжі є причиною зростання їх вмісту в бджолиній продукції. Зокрема, в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) передгірної й особливо лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, зростає вміст Плюмбуму (відповідно в 1,52 і 2,24 рази) та Кадмію (відповідно в 2,00 і 3,50 рази). При цьому концентрація Хрому збільшується відповідно в 1,40 і 1,60 рази.

Одночасно в наведеному вище напрямку сильно зростають коефіцієнти переходу Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з бджолиного обніжжя; Феруму, Цинку, Кобальту, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію з тканин черевця (табл. 4 і 5).

Представляє інтерес той факт, що при цьому в наведеному вище напрямку сильно знижується коефіцієнт переходу Хрому з бджолиного обніжжя в бджолині стільники. Слід відзначити, що коефіцієнт переходу Хрому з тканин черевця в

бджолині стільники є високим тільки в передгірній зоні Карпатського регіону, бо вже у лісостеповій зоні даний коефіцієнт переходу не зростає.

Наведене вище вказує на те, що бджолине обніжжя через травний канал і його стінку та далі через лімфу має сильний вплив на коефіцієнти переходу та вміст важких металів у бджолиних стільниках. Видно, до цього процесу прямо причетні воскосинтезувальні залози робочих бджіл.

Як відомо, бджолині стільники будують дуже молоді робочі бджоли, яким від сили півтора два з половиною тижні життя, та які харчуються бджолиним обніжжям і медом (Fedak V. V., 2022).

Причому, на активність воскосинтезувальних залоз молодих робочих бджіл бджолине обніжжя, порівняно з медом, має більш значний вплив. Ці дані дають відповідь на питання звідки в свіжопобудованих стільниках беруться важкі метали, в тому числі токсичні Плюмбум і Кадмій.

Таблиця 4. Коефіцієнти переходу важких металів, у тому числі токсичних, із бджолиного обніжжя в свіжопобудовані бджолині стільники в різних природних зонах Карпатського регіону

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	0,640	1,112	2,020
Цинк, Zn	0,062	0,160	0,170
Купрум, Cu	0,030	0,040	0,100
Кобальт, Co	0,079	0,105	0,125
Хром, Cr	0,350	0,237	0,204
Нікол, Ni	0,037	0,815	1,014
Плюмбум, Pb	0,325	3,556	3, 615
Кадмій, Cd	0,200	0,571	0,700

Потрібно відзначити наступне. Високі коефіцієнти переходу з бджолиного обніжжя в бджолині стільники мають Ферум, Нікол і особливо Плюмбум; середні – Цинк, Кобальт, Хром і Кадмій; низькі – Купрум (табл. 4). Високі коефіцієнти переходу з тканин черевця в бджолині стільники мають Плюмбум і особливо Ферум; середні – Купрум, Кобальт, Хром, Нікол і Кадмій; низькі – Цинк. Видно, організм бджоли може в деякій мірі регулювати міжтканинний перехід важких металів.

Це підтверджується наступними фактами. Високі коефіцієнти переходу з бджолиного обніжжя та тканин черевця в бджолині стільники Феруму, Ніколу та особливо Плюмбуму можуть

свідчити про те, що організм бджоли таким чином може в деякій мірі звільнятися від менш потрібних йому мінеральних елементів, переводячи їх в склад бджолиних стільників.

Низькі або середні коефіцієнти переходу в бджолині стільники найбільш пробіотичних мінеральних елементів Цинку, Купруму та Кобальту можуть вказувати на те, що в складі воску вони зовсім не потрібні. Високі коефіцієнти переходу з бджолиного обніжжя та тканин черевця в бджолині стільники Плюмбуму очевидно зумовлені звільненням організму бджоли від цього токсичного мінерального елементу.

Квітковий нектар є основою для формування з нього меду та відкладання його

бджолами в стільники. Видно квітковий нектар у досліджуваних нами природних зонах Карпатського регіону має подібну пилку здатність нагромаджувати в собі важкі метали. Встановлено, що в натуральних поліфлорних медах, відібраних із вуликів, розміщених у передгірній і особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, впродовж літнього періоду є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму,

Кобальту, Хрому й Ніколу та токсичних Плюмбуму і Кадмію (табл. 6). При цьому в цих медах спостерігаються тільки слідові кількості дуже токсичного елемента Арсену. Але, слід відмітити, більший вміст наведених вище важких металів у досліджуваних медах згідно вимог чинного Національного стандарту ДСТУ 4497:2005 знаходиться в допустимих межах

Таблиця 5. Коефіцієнти переходу важких металів, у тому числі токсичних, із тканин черевця медоносних бджіл у свіжопобудовані бджолині стільники в різних природних зонах Карпатського регіону

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	0,458	0,644	1,092
Цинк, Zn	0,028	0,055	0,078
Купрум, Cu	0,176	0,256	0,254
Кобальт, Co	0,097	0,333	0,343
Хром, Cr	0,132	0,301	0,360
Нікол, Ni	0,132	0,156	0,182
Плюмбум, Pb	0,477	0,529	0,627
Кадмій, Cd	0,222	0,323	0,333

Таблиця 6. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, у натуральних поліфлорних медах, відібраних на початку літнього періоду з вуликів, розміщених в різних природних зонах Карпатського регіону, $г \cdot 10^{-3} / кг$ натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	2,36 $\pm$ 0,081	2,64 $\pm$ 0,026*	2,75 $\pm$ 0,028*
Цинк, Zn	2,34 $\pm$ 0,029	2,72 $\pm$ 0,036*	2,82 $\pm$ 0,034*
Купрум, Cu	0,19 $\pm$ 0,011	0,23 $\pm$ 0,006*	0,28 $\pm$ 0,030*
Кобальт, Co	0,15 $\pm$ 0,018	0,22 $\pm$ 0,012*	0,26 $\pm$ 0,009***
Хром, Cr	0,15 $\pm$ 0,012	0,21 $\pm$ 0,009*	0,24 $\pm$ 0,007**
Нікол, Ni	0,17 $\pm$ 0,007	0,23 $\pm$ 0,012*	0,26 $\pm$ 0,017**
Плюмбум, Pb	0,19 $\pm$ 0,003	0,25 $\pm$ 0,012*	0,26 $\pm$ 0,006**
Кадмій, Cd	0,15 $\pm$ 0,012	0,21 $\pm$ 0,015*	0,23 $\pm$ 0,003**
Арсен, As	Сліди	Сліди	Сліди

Високий рівень Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та особливо Кадмію у бджолиному обніжжі та в тканинах бджіл може негативно впливати на працездатність робочих бджіл та відтворну здатність трутнів і бджолиних маток, які утримуються у вуликах,

розміщених у згадуваних зонах Карпатського регіону. Зокрема, високий рівень згадуваних вище важких металів у бджолиному обніжжі в передгірній та особливо в лісостеповій зоні Карпатського регіону вагомо призводить до зниження льотно-збиральної активності робочих

бджіл щодо бджолоиноного обніжжя та меду (патенти України на корисну модель № 152753, 153302 і 160983).

Виходячи з наведеного вище для збільшення льотно-збиральної активності робочих бджіл щодо меду та покращення його якісних показників слід розмішувати пасіки на територіях, які найменше забруднені важкими металами, насамперед такими токсичними, як Плюмбум і особливо Кадмій.

З цією ж метою пасіки також можна вивозити поближче до гірських територій, котрі впродовж весняно-літнього періоду знизу до самого верху вкриті рослинністю, серед якої значна кількість знаходиться в стадії цвітіння (Kryvyi M. M., Zhukovets O. I., Dikhtiar O. O., 2018). До того ж, мед, отриманий на гірських територіях характеризується вищими якісними показниками і тому є високоцінним (Gizaw G., Kim Y. H., Moon K. H., Choi J. B., Kim Y. H., Park J. K., 2020; El-Seedi H. R., Eid N., Abd El-Wahed A. A., Rateb M. E., Afifi H. S., Algethami A. F., Zhao C., Al Naggat Y., Alsharif S. M., Tahir H. E., Xu B., Wang K., Khalifa S.A.M., 2022).

Встановлено, що інтенсивність яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолиними матками гірської зони, впродовж весняно-літнього періоду є меншою.

Зниження інтенсивності яйцекладки бджолиних маток, які утримуються у вуликах,

Висновки

У передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, є більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу та найбільший токсичних Плюмбуму і Кадмію у бджолоиному обніжжі, тканинах бджіл, свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках) та в натуральних поліфлорних медах.

Перевищення гранично допустимої концентрації в 1,1 рази виявлено лише щодо рівня Плюмбуму та Кадмію в бджолоиному обніжжі лісостепової зони.

Високий рівень Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу та особливо токсичних Плюмбуму і Кадмію у тканинах бджіл передгірної й найбільше лісостепової зон Карпатського регіону

Список використаної літератури

Vozhehova R. A., Vlashchuk A. M., Drobit O. S. Improving the ecological and land reclamation condition of soils on the basis of smart specialization. *Materialy vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh «aktualni problemy ahropromyslovoho vyrobnytstva ukraïny: stalnyi rozvytok silskoho hospodarstva v umovakh zmin klimatu»*, s. Obroshyno, 11 lystopada 2021 r. Lviv-Obroshyno. 2021. P. 15–16.

розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолиними матками гірської зони, в подальшому, через зменшення кількості робочих бджіл, може вкрай негативно впливати на продуктивні та відтворні ознаки бджолоиної сім'ї.

Зниження інтенсивності яйцекладки бджолиних маток видно є інтегрованим показником впливу екологічного стану довкілля, оскільки останнє також рівнозначно впливає на відтворну здатність трупнів, зокрема на їх кількісні та якісні показники спермопродукції. На такий же негативний вплив територій, забруднених важкими металами, на репродуктивні ознаки бджіл вказують також інші вчені (Di Fiore C., Nuzzo A., Torino V., De Cristofaro A., Notardonato I., Passarella S., Di Giorgi S., Avino P., 2022).

Виявлено, що медова продуктивність бджолосімей в гірській зоні Карпатського регіону є найвищою, у передгірній – середньою, а в лісостеповій – найнижчою.

Бджолине обніжжя, тканини бджіл, свіжопобудовані бджолині стільники (язики) та натуральні поліфлорні меди за вмістом у них важких металів, у тому числі токсичних Плюмбуму і Кадмію, можуть служити біоіндикаторами екологічного стану довкілля (Komarova I., 2018; Di Fiore C., Nuzzo A., Torino V., De Cristofaro A., Notardonato I., Passarella S., Di Giorgi S., Avino P. 2022).

негативно впливає на відтворну здатність бджолиних маток і продуктивні ознаки робочих бджіл.

Виникає необхідність в пошуках засобів зменшення шкодочинного впливу великої кількості важких металів, насамперед токсичних Плюмбуму і Кадмію, в тканинах медоносних бджіл лісостепової зони Карпатського регіону на їх відтворні та продуктивні ознаки.

Бджолине обніжжя, тканини бджіл, свіжопобудовані бджолині стільники (язики) та натуральні поліфлорні меди за вмістом у них важких металів, у тому числі токсичних Плюмбуму і Кадмію, можуть служити біоіндикаторами екологічного стану довкілля.

Zastavnyi F. Ukraine. Nature, population, economy. Lviv : Apriori, 2011. 504 p.

Kovka N. O., Nedashkevskyi V. M. Duration and flowering periods of the main nectar-pollinators in the conditions of the right-bank forest-steppe. *Tvarynnystvo Ukrainy*. 2019. No 4. P. 36–39.

Kryvyi M. M., Zhukovets O. I., Dikhtiar O. O. Assessment of honey resources of forest ecosystems based on their typology. *Ahrarna nauka. Hodivlia*

tvaryn ta kharchovi tekhnologii kormiv. 2018. Issue 2(101). P. 34–43.

Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnystv ta veterinarnii medytsyni: dovidnyk / Vlizlo V. V. et al. Lviv, 2012. 759 p.

Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnystv: posibnyk / za red. I. I. Ibatullina, O. M. Zhukorskoho. Kyiv: Ahrarna nauka, 2017. 328 p.

Environment (Statistical information). Main Department of Statistics in Lviv Region. URL: https://www.lv.ukrstat.gov.ua/ukr/si/metod_15.php?ind_page=si&vid=1&ozn_news=46&c ode=22&show2=1

Nedashkivskyi V. M., Razanov S. F. The effect of spring replenishment of bee colonies' food reserves on their production of flower pollen, perga, and drone larva homogenate. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2020. No 4. P. 157–162.

Patent № 153202 Ukraina, A23K 50/90, A01K 67/033. Method for increasing the flight-harvesting and honey productivity of worker bees / Y. F. Ravis, V. O. Postoienko, O. F. Stasiv, I. I. Saranchuk, O. Ya. Klym, O. B. Diachenko, O. I. Stadnytska, V. D. Fedak, V. M. Bratiuk; Zaiavnyk i patentovlasnyk Instytut silskoho hospodarstva Karpatskoho rehionu NAAN. Zaiavka № u 2021 06464; Zaiavl. 16. 11. 2021; Publ. 07.06.2023, Biul. No 23. 6 p.

Patent № 152753 Ukraina, A23K 50/90, A01K 67/033. A method for increasing honey productivity of worker bees / Y. F. Ravis, V. O. Postoienko, O. F. Stasiv, I. I. Saranchuk, O. Ya. Klym, O. B. Diachenko, O. I. Stadnytska, V. D. Fedak. Zaiavnyk i patentovlasnyk Instytut silskoho hospodarstva Karpatskoho rehionu NAAN. Zaiavka № u 2021 06463; Zaiavl. 16. 11. 2021; Publ. 12.04.2023, Biul. No 15. 6 p.

Patent № 160983 Ukraina, A01K 67/368, A01K 10/30, A01K 20/20, A23K 50/90. A method for increasing honey productivity of worker bees / Y. F. Ravis, V. O. Postoienko, I. I. Saranchuk, O. Ya. Klym, O. B. Diachenko, O. I. Stadnytska, V. D. Fedak, V. M. Bratiuk, Hutyi B. V., Usenko S. O., Bezalychna O. O., Kibenko N. Yu., Shevchenko O. B., Fediaieva A. S., Hurko Ye. Yu.; Zaiavnyk i patentovlasnyk Instytut silskoho hospodarstva Karpatskoho rehionu NAAN. Zaiavka № u 2024 019633; Zaiavl. 15. 04.. 2024; Publ. 29.10.2025, Biul. No 44. 6 p.

Razanov S. F., Didur I. M., Pervachuk M. V. Efficiency of reducing soil contamination with lead and cadmium by bee pollination of agricultural crops under conditions of their mineral fertilization. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo : zb. nauk. pr. VNAU*. 2015. No 2. P. 94–101.

Statystychnyi shchorichnyk Lvivskoi oblasti za 2012 rik. Lviv : Holovne upravlinnia statystyky u Lvivskii oblasti, 2013. Part II. 271 p.

Saranchuk I. I. Level of non-esterified fatty acids in abdominal tissues and productive traits of bees

fed different amounts of linseed oil. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2020. Issue 67 (II). P. 253–264.

Fedak V. V. The influence of feed quality on the development of the wax gland in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Bdzhilnytstvo Ukrainy*. 2022. Issue 9, No 15. P. 109–113.

Borsuk G., Sulborska F., Stawiarz E., Olszewski K., Wiącek D., Ramzi N., Nawrocka A., Jędrzycka M. Capacity of honeybees to remove heavy metals from nectar and excrete the contaminants from their bodies. *Apidologie*. 2021. Vol. 52. P. 1098–1111. <https://doi.org/10.1007/s13592-021-00890-6>

Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*. 2020. Vol. 6. Issue 9. P. 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>

Costa A., Veca M., Barberis M., Cicerone L., Tangorra F. M. Predicting atmospheric cadmium and lead using honeybees as atmospheric heavy metals pollution indicators. Results of a monitoring survey in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 20, Issue 1. P. 850–858.

Di Fiore C., Nuzzo A., Torino V., De Cristofaro A., Notardonato I., Passarella S., Di Giorgi S., Avino P. Honeybees as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Urban and Rural Areas in the South of Italy. *Atmosphere*. 2022. Vol. 13, № 624. P. 1–12. <https://doi.org/10.3390/atmos13040624>

Di N., Zhang K., Hladun K. R., Rust M., Chen Y.-F., Zhu Z.-Y., Liu T.-X., Trumble J. T. Joint effects of cadmium and copper on *Apis mellifera* forgers and larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2020. Vol. 237. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108839>

Gizaw G., Kim Y. H., Moon K. H., Choi J. B., Kim Y. H., Park J. K. Effect of environmental heavy metals on the expression of detoxification-related genes in honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie*. 2020. Vol. 51. P. 664–674. Doi: 10.1007/s13592-020-00751-8

El-Seedi H. R., Eid N., Abd El-Wahed A. A., Rateb M. E., Afifi H. S., Algethami A. F., Zhao C., Al Naggat Y., Alsharif S. M., Tahir H. E., Xu B., Wang K., Khalifa S.A. M. Honey Bee Products: Preclinical and Clinical Studies of Their Anti-inflammatory and Immunomodulatory Properties. *Front. Nutr*. 2022. Vol. 8. doi: 10.3389/fnut.2021.761267 frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.761267/full

Giri S., Rule D. C., Dillon M. E. Fatty acid composition in native bees: Associations with thermal and feeding ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 2018. Vol. 218. P. 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.01.013>

Hsu P.-S., Wu T.-H., Huang M.-Y., Wang D.-Y., Wu M.-C. Nutritive Value of 11 Bee Pollen Samples from Major Floral Sources in Taiwan. *Foods*. 2021. Vol. 10, Issue 9, P. 2229–2244. <https://doi.org/10.3390/foods10092229>

Klym O., Stadnytska O. Heavy metals in the dandelion and apple tree pollen from the different terrestrial ecosystems of the Carpathian region. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2019. Vol. 18, № 3. S. 15-20.

Komarova I. Taraxacum officinale as bioindicator of heavy metal accumulation in soil. *Danish Scientific Journal (DSJ). Istedgade 1041650 København V Denmark*. 2018. № 8. P. 10–12. (site: <http://www.danish-journal.com>).

Mărgăoan R., Özkök A., Keskin Ş., Mayda N., Urcan A. C., Cornea-Cipcigan M. Bee collected pollen as a value-added product rich in bioactive compounds and unsaturated fatty acids: A comparative study from Turkey and Romania. *LWT*. 2021. Vol. 149.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111925>: sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821010781

Matin G., Kargar N., Buyukisik H. B. Biomonitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 90, № 5. P. 331–335.

Takic M., Zekovic M., Terzic B., Stojasavljevic A., Mijuskovic M., Radjen S., Ristic-Medic D. Zinc Deficiency, Plasma Fatty Acid Profile and Desaturase Activities in Hemodialysis Patients: Is Supplementation Necessary? *Frontiers in Nutrition*. 2021. Vol. 8. P. 1-15. Doi:10.3389/fnut.2021.700450.

FEATURES OF THE HEAVY METALS ACCUMULATION IN HONEY BEES TISSUES AND BEE PRODUCTS

Yosyp RIVIS¹, ORCID: 0000-0002-6249-3440

Ivan SARANCHUK², ORCID: 0000-0003-4695-7804

Oleh KLYM¹, ORCID: 0000-0002-6330-8489

Olena BEZALTYCHNA⁵, ORCID: 0000-0002-4257-0699

Olha STADNYTSKA¹, ORCID: 0000-0001-6574-4068

Andrii SHELEVACH¹, ORCID: 0000-0002-7202-0911

Olha HOPANENKO³, ORCID: 0000-0003-0842-0248

Vasyl TODORIUK⁴, ORCID: 0000-0002-9902-0524

¹Institute of Agriculture of Carpathian region of NAAS

²Bukovyna State Research Station

³Andrey Krupynsky Lviv Medical Academy

⁴Institute of Animal Biology of NAAS

⁵Odessa State Agrarian University

The relevance of the proposed work is as follows. Sources of heavy metal emissions and the ways in which they enter the environment are diverse, but in general they have a technogenic origin as a result of urbanization and industrialization. Urbanization and industrialization, in particular the activities of industry, agriculture, energy and transport, as well as intensive mining – all this has led to the entry of heavy metals, including highly toxic ones (Lead, Cadmium and Arsenic) into the air, water, soil and plants).

Experimental apiaries of clinically healthy honey bees of the Carpathian breed (*Apis mellifera* (L) *carpathica*) were selected on the basis of private apiaries of the mountain (Slavsko village, Stryi district), foothill (Nyzhnia Stynava village, Stryi district) and forest-steppe zones (Myklashiv village, Lviv district) of the Lviv region.

To assess the intensity of technogenic load on the environment where the experimental apiaries of honey bees are located, the content of heavy metals in bee pollen, honey bee tissues, freshly built bee combs (tongues) and natural polyfloral honeys was determined. In addition, in each of the above natural zones of the Carpathian region, in each of the three apiaries in three hives at the beginning of the summer period, the intensity of egg laying of queen bees was studied every twelfth day for 36 days. For this purpose, measuring frames were used.

It was established that in the bee litter, which is the main food for bees, the foothill and forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to the conditionally clean mountain zone, there is a higher content of heavy metals. From the above table it is also clear that in the bee litter of the forest-steppe zone of the Carpathian region there is the highest level of the studied heavy metals. At the same time, the content of toxic elements Lead and Cadmium in the bee litter in the above zone is 1.1 times higher than the maximum permissible concentration.

It was also established that the high level of heavy metals in the bee litter is the reason for the increase in their content in bee products. In particular, in freshly built beehives (tongues) of the foothill and especially forest-steppe zones, compared to the relatively clean mountain environment, the content of Lead increases (by 1.52 and 2.24 times, respectively) and Cadmium (by 2.00 and 3.50 times, respectively). At the same time, the concentration of Chromium increases by 1.40 and 1.60 times, respectively

Keywords: heavy metals, bees, environment, plants, bee products.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons

Отримано: 2.2.2026

Погоджено до друку: 14.4.2026

Опубліковано: 30.9.2026