

Наукова діяльність

ТВАРИНИЦТВО

© Й.Ф. Рівіс, І.І. Саранчук, О.Я. Клим, О.Б. Дяченко, О.І. Стадницька, В.Д. Федак, О.О. Гопаненко, 2021

УДК 638.1:638.124, 577.12:546.3

DOI: 10.32636/agroscience.2022-1-3-4

СКЛАД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ТКАНИНАХ БДЖІЛ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Йосип РІВІС^{1*}, доктор сільськогосподарських наук,
Іван САРАНЧУК², Олег КЛИМ¹, Олександр ДЯЧЕНКО¹, Ольга СТАДНИЦЬКА¹, Василь ФЕДАК¹, кандидати
сільськогосподарських наук,

Ольга ГОПАНЕНКО³, кандидат біологічних наук

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН,

²Буковинська державна дослідна станція,

³Львівська медична академія імені Андрея Крупинського.

*e-mail: rivisjf@gmail.com

У статті наведено, що піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської, передгірної та лісостепової зон Львівської області. Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки медоносних бджіл, визначався вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Кобальту, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах медоносних бджіл. Встановлено, що в передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, є більший сумарний вміст усіх досліджуваних важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію) в орному шарі ґрунту. Перевищення гранично допустимої концентрації спостерігається лише щодо рівня Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту лісостепової зони. При цьому в бджолиному обніжжі передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону, порівняно з гірською, за допустимої концентрації виявляється підвищення рівня Кадмію та Хрому. Сумарний вміст досліджуваних важких металів у тканинах медоносних бджіл в передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською зоною, є більшим. Особливо вагомо в тканинах медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, підвищується рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму та Кадмію. У Карпатському регіоні всі важкі метали в більшій кількості нагромаджуються у тканинах черевця медоносних бджіл, ніж у тканинах грудей та голови. Тканини медоносних бджіл за вмістом у них важких металів у загальному можуть бути біоіндикаторами екологічного стану довкілля. У передгірній та особливо в лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолами гірської зони, медова продуктивність робочих бджіл є меншою. Високий рівень важких металів в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі й тканинах медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, є наслідком урбанізації та індустріалізації території.

Ключові слова: природні зони, важкі метали, орний шар ґрунту, бджолине обніжжя, тканини бджіл, медова продуктивність, біоіндикатори.

Вступ

Джерела важких металів та шляхи їх надходження в навколишнє середовище відрізняються різноманітністю, але загалом вони мають техногенне походження як наслідок урбанізації та індустріалізації територій. Зокрема, діяльність промисловості, сільського господарства, енергетики й транспорту та інтенсивне видобування корисних копалин, призвели до надходження у повітря, воду, ґрунт і рослини важких металів, в тому числі високотоксичних Плюмбуму й Кадмію (Швець В. В., 2017).

Вважається, що за фізіологічно допустимої концентрації такі важкі метали, як Ферум, Цинк, Купрум, Кобальт, Хром і Нікол, вкрай необхідні для нормального функціонування організму медоносних бджіл (Purać J., 2019). За високої концентрації зазначені вище важкі метали в організмі бджіл стають токсикантами (Швець В. В.,

2017). Також вважається, що незалежно від концентрації (низькій, середній та високій) такі важкі метали, як Плюмбум й Кадмій, є токсикантами для організму бджіл ((Швець В. В., 2017; Purać J., 2019). Незалежно від концентрації згадувані важкі метали, в тому числі токсичні, в лімфі бджіл інтенсивно зв'язуються з сульфгідрильними групами термостійких протеїнів та у вигляді кластерів транспортуються в хітин (Purać J., 2019). В останньому важкі метали депонуються. Це може бути причиною нагромадження важких металів у тілі бджіл.

Вищенаведене відбивається на продуктивності бджолиних сімей та якісних показниках їх продукції (Січенко О. М., 2011; Разанов С. Ф., Швець В. В., 2012). Тому актуальним є питання виробництва екологічно безпечних продуктів бджільництва.

У літературі є лише фрагментарні дані щодо вмісту важких металів, у тому числі токсичних, в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та в тканинах медоносних бджіл, залежно від

екологічних умов довкілля в Карпатському регіоні (Клут О., 2020). У цих дослідженнях немає даних щодо вмісту важких металів, у тому числі токсичних, в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах медоносних бджіл, які утримуються в різних природних зонах Карпатського регіону. Також немає даних щодо пошуку засобів біоіндикації екологічного стану довкілля. Крім того немає даних відносно медової продуктивності робочих бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.

Зважаючи на вищенаведене, метою роботи було визначити вміст важких металів, у тому числі токсичних, в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.

Матеріали та методи

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 області, де різні як природно-кліматичні умови, так й екологічна ситуація.

У кожній із вищеописаних природних зонах Карпатського регіону на 3 пасіках і на кожній на 5 вуликах визначалися медова продуктивність робочих бджіл (Ковальський Ю. В., Кирилів Я. І., 2011; Петренко С. О. та ін. 2018). Остання визначалася на початку червня, в середині липня та в середині серпня шляхом відкачування медових рамок. Ці дослідження проводились в розрахунку на одну бджолосім'ю середньої сили та однакової за віком матки. Крім того, на кожній пасіці із 3 вуликів у весняно-літній період для лабораторних

досліджень загальноприйнятими методами

відбирались зразки бджолиного обніжжя та медоносних бджіл (Ковальський Ю. В., Кирилів Я. І., 2011). При цьому в радіусі корисного льоту медоносних бджіл (2-4 км від пасік) загальноприйнятими методами відбирались зразки орного шару ґрунту (Яцук І. П., Балюк С. А., 2019).

Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки, визначався вміст важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Кобальту, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію) в орному шарі ґрунту, бджолиному обніжжі та тканинах медоносних бджіл. Одночасно аналізувалося значення рівня важких металів, у тому числі токсичних, для організму медоносних бджіл, бджолиних стільників і вуликів у різних природних зонах Карпатського регіону. Вміст важких металів у відібраних зразках орного шару ґрунту, бджолиного обніжжя та тканин медоносних бджіл визначався загальноприйнятим методом (Яцук І. П., Балюк С. А., 2019) на атомно-абсорбційному спектрофо-тометрі (Селмі-115).

Отриманий цифровий матеріал опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стюдента (Ібатуллін І. І. Жукорський О. М., 2017). Вираховувалися 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.

Встановлено, що в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону, порівняно з умовно чистою гірською зоною, є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому й Ніколу та особливо Плюмбуму і Кадмію (табл. 1 і 2).

Таблиця 1. Сумарний вміст важких металів, у тому числі токсичних, в орному шарі ґрунту в різних природних зонах Карпатського регіону, $\text{г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	14325,00 $\pm$ 294,214	15184,29 $\pm$ 454,862*	16573,04 $\pm$ 294,429**
Цинк, Zn	47,58 $\pm$ 4,488	78,52 $\pm$ 3,722**	96,13 $\pm$ 4,890***
Купрум, Cu	21,60 $\pm$ 1,391	34,56 $\pm$ 1,828**	45,64 $\pm$ 2,264***
Кобальт, Co	11,76 $\pm$ 0,375	13,63 $\pm$ 0,560**	17,20 $\pm$ 1,830***
Хром, Cr	41,69 $\pm$ 2,283	63,65 $\pm$ 3,584**	87,53 $\pm$ 4,163***
Нікол, Ni	21,24 $\pm$ 1,625	41,33 $\pm$ 2,512***	59,42 $\pm$ 3,214***
Плюмбум, Pb	19,37 $\pm$ 0,784	25,83 $\pm$ 1,442*	33,30 $\pm$ 2,870***
Кадмій, Cd	2,03 $\pm$ 0,088	2,60 $\pm$ 0,115*	3,20 $\pm$ 0,271***

Примітка. Тут і далі різниці вірогідні порівняно з гірською зоною:

* – $p < 0,05$ – $0,02$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Таблиця 2. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, у бджолиному обніжжі в різних природних зонах Карпатського регіону, $\text{г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ повітряно-сухої 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	$0,04 \pm 0,003$	$0,07 \pm 0,007^*$	$0,10 \pm 0,009^{**}$

Із наведених у таблицях 1 і 2 даних також видно, що в орному шарі ґрунті та бджолиному обніжжі лісостепової зони Карпатського регіону міститься найвищий рівень досліджуваних важких металів. При цьому вміст Плюмбуму і Кадмію в орному шарі ґрунту в наведеній вище зоні є дещо більшим за гранично допустиму концентрацію. Вважається, що зростання вмісту Плюмбуму в орному шарі ґрунту пов'язано з інтенсивним рухом автотранспорту (Loretta Y. et al., 2021), а Кадмію – з внесенням меліорантів і мінеральних добрив, насамперед, відповідно фосфогіпсу (Вожегова Р. А. та ін. 2021) та суперфосфату (Разанов С. Ф. і ін. 2015; Вожегова Р. А. та ін. 2021).

Особливо вагомо в орному шарі ґрунту й бджолиному обніжжі передгірної та лісостепової зон Карпатського регіону підвищується рівень небезпечних елементів першого класу токсичності Плюмбуму та Кадмію – відповідно в $1,24$ – $1,72$ і

$1,28$ – $2,50$ рази, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям. Також помітно збільшується концентрація Хрому – елемента другого класу токсичності (в $1,22$ – $2,10$ рази).

Встановлено, що в тканинах черевця (відповідно $163,76$ $\text{г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ сирової маси і $191,91$ проти $127,61$), грудей ($80,10$ і $97,24$ проти $65,27$) та голови (відповідно $100,32$ і $119,32$ проти $81,24$ $\text{г} \cdot 10^{-3} / \text{кг}$ сирової маси) медоносних бджіл передгірної та лісостепової зон, порівняно з гірською зоною, є більший сумарний вміст досліджуваних важких металів (табл. 3, 4 і 5). Особливо значно в тканинах медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, підвищується рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму (у $1,33$ – $4,00$ рази) та Кадмію (у $1,78$ – $4,00$ рази). Також помітно збільшується концентрація елемента другого класу токсичності – Хрому (у $1,18$ – $1,60$ рази).

Таблиця 3. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах черевця медоносних бджіл у 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	$46,48 \pm 1,046$	$63,72 \pm 1,220^{***}$	$77,03 \pm 1,630^{***}$
Цинк, Zn	$77,08 \pm 1,190$	$91,32 \pm 1,536^{**}$	$104,24 \pm 2,060^{***}$
Купрум, Cu	$0,34 \pm 0,012$	$0,47 \pm 0,014^{**}$	$0,59 \pm 0,014^{***}$
Кобальт, Co	$0,31 \pm 0,009$	$0,36 \pm 0,014^*$	$0,43 \pm 0,017^{**}$
Хром, Cr	$2,43 \pm 0,070$	$3,12 \pm 0,082^*$	$3,78 \pm 0,112^{**}$
Нікол, Ni	$2,43 \pm 0,035$	$3,40 \pm 0,067^{***}$	$4,13 \pm 0,059^{***}$
Плюмбум, Pb	$0,88 \pm 0,035$	$1,21 \pm 0,038^{**}$	$1,50 \pm 0,046^{***}$
Кадмій, Cd	$0,09 \pm 0,009$	$0,16 \pm 0,006^{**}$	$0,21 \pm 0,012^{**}$

Таблиця 4. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах грудей медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону, $г \cdot 10^{-3}/кг$ сирої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	36,10 $\pm$ 0,931	42,18 $\pm$ 0,812**	49,06 $\pm$ 0,555***
Цинк, Zn	17,51 $\pm$ 0,587	23,50 $\pm$ 0,625**	31,46 $\pm$ 0,507***
Купрум, Cu	1,93 $\pm$ 0,041	2,82 $\pm$ 0,061***	3,17 $\pm$ 0,070***
Кобальт, Co	1,84 $\pm$ 0,035	2,19 $\pm$ 0,077*	2,40 $\pm$ 0,049***
Хром, Cr	3,08 $\pm$ 0,046	3,51 $\pm$ 0,058**	4,34 $\pm$ 0,186**
Нікол, Ni	4,00 $\pm$ 0,049	4,80 $\pm$ 0,085**	5,47 $\pm$ 0,128***
Плюмбум, Pb	0,78 $\pm$ 0,023	1,04 $\pm$ 0,068*	1,25 $\pm$ 0,038***
Кадмій, Cd	0,03 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,003*	0,09 $\pm$ 0,003**

Таблиця 5. Вміст важких металів, у тому числі токсичних, в тканинах голови медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону, $г \cdot 10^{-3}/кг$ сирої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Метал та його символ	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Ферум, Fe	26,79 $\pm$ 0,607	31,16 $\pm$ 0,979*	36,59 $\pm$ 1,324**
Цинк, Zn	30,13 $\pm$ 0,630	36,30 $\pm$ 0,564**	44,00 $\pm$ 0,280***
Купрум, Cu	8,39 $\pm$ 0,319	14,35 $\pm$ 0,417***	17,66 $\pm$ 0,400***
Кобальт, Co	7,22 $\pm$ 0,055	7,56 $\pm$ 0,078*	7,97 $\pm$ 0,084**
Хром, Cr	6,87 $\pm$ 0,098	8,15 $\pm$ 0,117**	9,47 $\pm$ 0,254***
Нікол, Ni	1,00 $\pm$ 0,055	1,47 $\pm$ 0,041**	1,78 $\pm$ 0,058**
Плюмбум, Pb	0,81 $\pm$ 0,030	1,25 $\pm$ 0,044**	1,73 $\pm$ 0,050***
Кадмій, Cd	0,03 $\pm$ 0,003	0,08 $\pm$ 0,003***	0,12 $\pm$ 0,006***

Слід звернути увагу на те, що тканини черевця медоносних бджіл є значно активнішими акумуляторами важких металів, порівняно з тканинами грудей та голови. Практично всі важкі метали в 1,61–2,04 рази більшої кількості нагромаджуються у тканинах черевця медоносних бджіл, ніж у тканинах грудей та голови.

Треба відмітити також те, що в лісостеповій зоні Карпатського регіону, порівняно з гірською, в тканинах медоносних бджіл є досить високий вміст пробіотичних Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому та Ніколу. Наведені вище важкі метали в допустимих кількостях вкрай необхідні для нормальної життєдіяльності бджолиних тканин. Але підвищений в тканинах медоносних бджіл рівень токсичних Плюмбуму та Кадмію здатний нівелювати позитивний вплив пробіотичних важких металів на згадувані тканини.

Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення довкілля на

піддослідних територіях. Високий рівень Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу та особливо Плюмбуму й Кадмію у ґрунтах є причиною збільшення їх концентрації в бджолиному обніжжі та тканинах медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону. Все це є наслідком більшої урбанізації та індустріалізації даних територій.

Зважаючи на вищевикладене, важкі метали пилку причетні до обмінних процесів у тканинах організму бджіл. Зокрема, за високого рівня Ферум здатний стимулювати пероксидні процеси в тканинах і пилку рослин та в тканинах організму бджіл, знижуючи при цьому найбільш цінні його складові – амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти та жиророзчинні вітаміни (Domínguez R. et al., 2019). З іншого боку, такі важкі метали, як Цинк і Купрум, у тканинах організму бджіл за фізіологічно обумовленого рівня можуть діяти

навпаки, адже вони є складовими такого ензиму, як супероксиддисмутаза, який сильно гальмує розвиток пероксидних процесів (Younus H., 2018). І це при тому, що Купрум в лімфі бджіл виконує таку саму функцію, як Ферум у крові людини та тварин – окисно-відновну. За фізіологічно обумовленого рівня антипероксидною дією володіють також такі важкі метали, як Нікол і Хром (Іскра Р. Я., 2013). Від Кобальту через ензим ціанкобаламін залежить інтенсивність синтезу протейнів у бджолиних тканинах (Osman D. et al., 2021). Вважається, що незалежно від концентрації, такі важкі метали, як Плюмбум і Кадмій, є токсикантами для організму бджіл (Дидів А. І., 2019).

Слід зазначити, що за високого рівня всі досліджувані важкі метали в організмі бджіл стають токсикантами (Chibuike G. U., Obiora S. C., 2014). При цьому важкі метали у лімфі бджіл інтенсивніше зв'язуються з сульфгідрильними групами термостійких протейнів та транспортуються в хітин (Столяр О. Б., 2004). В останньому важкі метали депонуються.

Важкі метали бджолиного обніжжя через травний канал і воскові залози надходять в бджолині стільники (Ковальський Ю. В., 2015). В останніх важкі метали поводяться майже так само, як в організмі бджіл (Chibuike G. U. and Obiora S. C., 2014). Крім того, усі важкі метали пилку рослин у великих кількостях здатні знижувати міцність стінок бджолиних стільників (Yang S., 2021). Небажаною для організму личинок і дорослих бджіл є наявність в складі бджолиних стільників великої кількості важких металів, зокрема, токсичних Плюмбуму та Кадмію (Matin G. et al., 2016). Також недобрим знаком є велика кількість важких металів, у тому числі токсичних Плюмбуму та Кадмію, у вулику (Vishchur V. Y. et al., 2016).

Встановлено, що медова продуктивність робочих бджіл у гірській зоні Карпатського регіону спостерігається на рівні $40,0 \pm 0,95$ кг, в передгірній – $36,6 \pm 0,92$, $p < 0,05$, а в лісостеповій – $31,4 \pm 1,84$ кг, $p < 0,01$ на одну бджолосім'ю за сезон. Через високий рівень важких металів, у тому числі токсичних, у тканинах, знижується медова продуктивність робочих бджіл. На такий же негативний вплив територій, забруднених важкими металами, на продуктивні ознаки медоносних бджіл вказують також інші вчені (Недашківський В. М., Разанов С. Ф., 2020).

У всьому світі ведуться пошуки засобів біоіндикації екологічного стану довкілля (Дідух Я. П., 2012). Це пов'язано з тим, що важкі метали, як і інші забруднювачі навколишнього середовища, мають неоднаковий рівень переходу з ґрунту в кореневу систему, з кореневої системи в стебло, з стебла в суцвіття та з суцвіття в пилки і нектар (Саранчук І. І., 2011).

Раніше вказувалося (Саранчук І. І. та Рівіс Й. Ф., 2008), що умовах Карпатського регіону біоіндикатором екологічного стану довкілля, через

оптимальний вміст важких металів, може служити пилка *Taraxacum officinale* Wigg. Позитивним в цьому біоіндикаторі є те, що він дозволяє визначати різні рівні нагромадження важких металів і тим самим дає більше інформації. Біоіндикатором екологічного стану довкілля, але меншою мірою, через невеликі коливання вмісту важких металів, можуть служити також тканини медоносних бджіл.

Висновки

У передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, є більший сумарний вміст усіх досліджуваних важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію) в орному шарі ґрунту. Перевищення гранично допустимої концентрації в 1,1 рази спостерігається лише щодо рівня Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту лісостепової зони. При цьому в бджолиному обніжжі передгірної зони Карпатського регіону, порівняно з гірською, за допустимої концентрації виявляється підвищення рівня Плюмбуму, Кадмію та Хрому відповідно в 1,2, 1,8 і 1,2 рази, а лісостепової – відповідно в 1,6, 2,5 та 1,6 рази.

Сумарний вміст досліджуваних важких металів у тканинах медоносних бджіл в передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською зоною, є в 1,23–1,50 рази більшим. Особливо вагомо в тканинах медоносних бджіл передгірної й лісостепової зон, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям, підвищується рівень небезпечних елементів першого класу токсичності – Плюмбуму (в 1,33–4,00 рази) та Кадмію (в 1,78–4,00 рази).

У Карпатському регіоні всі важкі метали в 1,61–2,04 рази більше нагромаджуються у тканинах черевця медоносних бджіл, ніж у тканинах грудей та голови.

Медова продуктивність робочих бджіл у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з бджолами гірської зони, є меншою.

Тканини медоносних бджіл за вмістом в них важких металів, у тому числі токсичних, можуть служити біоіндикатором екологічного стану довкілля.

Список використаної літератури

- Chibuike G. U., Obiora S. C. (2014) Heavy metal polluted soils: effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environmental Soil Science*. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/752708>.
- Didukh Ya. P. (2012) Basics of bioindication. Kyiv: Scientific opinion, 344 p. (In Ukrainian).
- Dominguez R. et al. (2019) Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*. 8 (10), 429–460. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>.
- Dydiv A. I. (2019) Agroecological aspects of cadmium and lead accumulation in *Brassica oleracea* var. capitata L. and *Beta vulgaris* L. in the conditions of the Western Forest-Steppe: author's ref. dis. for science. degree of Cand. s.-g.

- Science: special. 03.00.04 - biochemistry. Lviv. 24 p. (In Ukrainian).
- Ibatullin I. I., Zhukorskyi O. M. (2017) Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: a guide. Kyiv: Agrarian Science, 328 p. (In Ukrainian).
- Iskra R. Ya. (2013) Biochemical processes in animals under the action of various chromium compounds (III): author's ref. dis. for science. degree of Dr. Biol. Science: special. 03.00.04 - biochemistry. Lviv. 44 p. (In Ukrainian).
- 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. № 18(3). P. 15–20.
- Kovalskiy Yu. V. (2015) Functional features of an organism and productivity of honey bees under the influence of exogenous factors: author's ref. dis. for the degree of doc. s.-g. Sciences: 03.00.13 - physiology of the person and animals. Lviv, 43 p. (In Ukrainian).
- Loretta Y., Yong R. N., Thomas H. R. (2015) Fate and Transport of Lead Pollution Along a Highway Corridor. *Geoenvironmental Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1680/geimogacl.32774.0012>
- Matin G., Kargar N., Buyukisik H. B. (2016) Biomonitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 90 (5), 331–335.
- Nedashkivskiy V. M. (2016) Influence of soy milk hydrolyzate on bee colony production of drone larvae and homogenate. Technology of production and processing of livestock products. Coll. Science. work. White Church. 2, 78–81. (In Ukrainian).
- Nedashkivskiy V. M., Razanov S. F. (2020) The influence of the spring replenishment of food reserves of bee colonies on their production of flower pollen, perga and homogenate of drone larvae. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 4, 157–162 (In Ukrainian)
- Osman D. et al. (2021) The requirement for cobalt in vitamin B12: A paradigm for protein metalation *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*. 1868 (1), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2020.118896>.
- Petrenko S. O. (2018) Technology of production, storage and processing of beekeeping products. Odesa, 556 p. (In Ukrainian).
- Purać J. et al. (2019) Identification of a metallothionein gene in honey bee *Apis mellifera* and its expression profile in response to Cd, Cu and Pb exposure *Mol. Ecol.* 28 (4), 731–745.
- Razanov S. F. and others (2019) Estimation of forest nectar-pollinating trees and efficiency of their use in the honey conveyor of bees in the conditions of Vinnytsia region. *Agriculture and forestry: coll. Science. etc. VNAU*. 12, 214–224. (In Ukrainian).
- Razanov S. F., Shvets V. V. (2012) Influence of organic and mineral fertilizers and soil moisture level on lead concentration in pollen. *Agroecological journal*. 4, 38–41. (In Ukrainian).
- Saranchuk I. I. (2011) Fatty acid composition and content of heavy metals in bee pollen and bee tissues depending on environmental conditions: author's ref. dis. for science. degree of Cand. s.-g. Science: special. 03.00.04 - biochemistry. Lviv, 18 p. (In Ukrainian).
- Saranchuk I. I., Rivis Y. F. (2008) Fatty acid composition of bee pollen depending on environmental conditions. *Animal biology*. 10 (1/2), 236–244. (In Ukrainian).
- Shvets V. V. (2017) Intensity of lead, cadmium, zinc and copper contamination of lands and protein products of beekeeping in the right-bank forest-steppe conditions. *Ecology and environmental protection*. 5, 204–214. (In Ukrainian).
- Stoliar O. B. (2004) The role of metallothioneins in the detoxification of copper, zinc, manganese and lead ions in freshwater fish and mollusks: author's ref. dis ... Dr. Biol. Science: special. 03.00.04 - biochemistry. Lviv. 30 p. (In Ukrainian).
- Vishchur V. Y., Saranchuk I. I., Gutyi B. V. (2016) Fatty acid content of honeycombs depending on the level of technogenic load on the environment. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ecol.* 24 (1), 182–187 p. (In Ukrainian).
- Vozhehova R. A., Vlashchuk A. M., Drobit O. S. (2021) Improving the ecological and reclamation condition of soils on the basis of smart specialization. Proceedings of the X All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists "Actual problems of agro-industrial production of Ukraine: sustainable development of agriculture in climate change." with. Obroshyne, November 11, 2021 Lviv-Obroshyne. 15–16. (In Ukrainian).
- Yang S. (2021) Evaluating and comparing the natural cell structure and dimensions of honey bee comb cells of chinese bee, *apis cerana cerana* (hymenoptera: apidae) and italian bee, *apis mellifera ligustica* (hymenoptera: apidae) *J. Insect. Sci.* 21 (4), DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab042>.
- Younus H. (2018) Therapeutic potentials of superoxide dismutase. *Int. J. Health Sci.* 12 (3), 88–93.
- Yatsuk I. P., Baliuk S. A. (2019) Methodology of agrochemical certification of agricultural lands / 2nd ed., added, Kyiv, 108 p. (In Ukrainian).

The composition of heavy metals in the bees' tissues Depending from ecological state of the environment

Josyp RIVIS^{1*}, Doctor of Agricultural sciences,

Ivan SARANCHUK², Oleh KLYM¹, Oleksandr DIACHENKO¹, Olga STADNYTSKA¹,

Vasyl FEDAK¹, Candidates of Agricultural sciences,

Olha Hopanenko³, Candidate of Biological sciences

¹Institute of Agriculture of Carpathian Region NAAS,

²Bukovyna State Agricultural Experimental Station of NAAS,

³Higher Educational Communal Institution of Lviv Regional Council "Andrey Krupynsky".

The article states that experimental apiaries of clinically healthy honey bees of the Carpathian breed were selected on the basis of private apiary farms in the mountain, foothill and forest-steppe zones of the Lviv region. To assess the intensity of man-made load on the environment where experimental honey bee apiaries are located, the content of Ferrum, Zinc, Copper, Chromium, Cobalt, Nickel, Plumbum and Cadmium in the topsoil, bee pollen and tissues of honey bees was determined. It was found that in the foothills and forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to the mountain, there is a higher total content of all investigated heavy metals (Ferrum, Zinc, Copper, Cobalt, Chromium, Nickel, Plumbum and Cadmium) in the arable layer of the soil. Exceeding the maximum permissible concentration is observed only in relation to the level of Plumbum and Cadmium in the forest-steppe zone.



At the same time, an increase in the level of Cadmium and Chromium is found in bee hives of the foothills and forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to mountain ones, at permissible concentrations. The total content of the studied heavy metals in the tissues of honey bees in the foothills and forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to the mountain zone, is higher. The level of dangerous elements of the first class of toxicity - Plumbum and Cadmium - increases especially significantly in the tissues of honey bees of the foothills and forest-steppe zones, compared to the conditionally clean mountain environment. In the Carpathian region, all heavy metals accumulate in greater quantities in the abdominal tissues of honey bees than in the tissues of the chest and head. The tissues of honey bees can generally be bioindicators of the ecological state of the environment by their content of heavy metals. In the foothills and especially in the forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to bees in the mountain zone, the honey productivity of worker bees is lower. The high level of heavy metals in the topsoil, bee pollen and tissues of honey bees obtained from beehives located in the foothills and especially the forest-steppe zones of the Carpathian region is a consequence of the urbanization and industrialization of the territory.

Key words: natural zones, heavy metals, arable soil layer, bee pollen, bee tissues, honey productivity, bioindicators.

Отримано: 19.07.2022