

УДК 638.19:638.1:633.31

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ТКАНИНАХ БДЖІЛ ТА ЇХ ПРОДУКЦІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

I. I. Ковальчук, Р. С. Федорук
inenbiol@mail.lviv.ua

Інститут біології тварин НААН, вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

Проведено дві серії досліджень тканин і продукції медоносних бджіл з різних агроекологічних зон Карпатського регіону України. Дослідження першої серії проведені у весняно-літній період в агроекологічних умовах Західного регіону України з різною інтенсивністю техногенного навантаження — пасіки, що перебували на відстані 15 км (I дослідна) і 30 км (II дослідна) від промислового центру, як екологічної зони інтенсивного техногенного навантаження, де утримувались бджолосім'ї контрольної пасіки. Друга серія досліджень проведена в агроекологічних зонах з різним антропогенним навантаженням на довкілля — у низинній, передгірній та гірській зонах Карпат. Контролем визначено пасічницьке господарство, яке знаходилося в низинній агроекологічній зоні. Дослідними визначено пасічницькі господарства передгірної та гірської зон. Зразки тканин бджіл і продукції відбирали з 3-х вуликів з кожної зони у весняно-літній період і визначали концентрацію окремих важких металів (Fe, Cu, Ni, Cr, Zn, Pb і Cd) на атомно-абсорбційному спектрофотометрі СФ-115 ПК.

У результаті проведених досліджень встановлено, що утримання медоносних бджіл в агроекологічних умовах з незначним рівнем техногенного забруднення супроводжується нижчим вмістом важких металів у продукції бджільництва. Вірогідно нижчу концентрацію Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd встановлено у тканинах голови медоносних бджіл, які утримувалися на відстані 15 і 30 км від зони

інтенсивного техногенного навантаження. У тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп встановлено вірогідно нижчу концентрацію Fe, Zn, Cu, Ni та Pb і вірогідно вищу концентрацію Cr порівняно з вмістом їх у тканинах бджіл контрольної групи. У тканинах черевця встановлено вірогідно нижчу концентрацію всіх досліджених важких металів, крім Cu, яка не відрізняється від показника контрольної групи.

Встановлено, що агроекологічні умови передгірної та гірської зон Карпат з різним антропогенним навантаженням сприяють вірогідному зниженню вмісту Cu та Ni у тканинах голови, грудного та черевного відділу медоносних бджіл, а також у меді та бджолиному обніжжі на тлі суттєвого зниження у цій продукції (до слідових залишків) Pb та Cd. Узагальнено результати досліджень щодо можливого використання продуктів бджільництва у якості біоіндикатора екологічного забруднення природного середовища важкими металами. За результатами досліджень обговорюється визначальний вплив агроекологічних умов утримання і живлення медоносних бджіл на показники мінерального складу продукції бджільництва.

Ключові слова: БДЖОЛИ, ТКАНИНИ, ПРОДУКЦІЯ БДЖІЛЬНИЦТВА, БДЖОЛИНЕ ОБНІЖЖА, МЕД, ВАЖКІ МЕТАЛИ, АГРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ

CONTENT OF HEAVY METALS IN THE BEES TISSUES AND PRODUCTS DEPENDING ON AGROECOLOGICAL CONDITIONS OF CARPATHIANS REGION

I. I. Kovalchuk, R. S. Fedoruk
inenbiol@mail.lviv.ua

Institute of Animal Biology NAAS, Lviv, 38 Stus Str. 79034, Ukraine

The Animal Biology, 2013, vol. 15, no. 4

Two sets of investigations of tissues and products of melliferous bees in the different agroecological zones of Carpathians region of Ukraine were conducted. The first study were undertaken in a spring-summer period in the agroecological conditions with different intensity of technogenic loading on apiaries placed at distance of 15 kilometres and 30 kilometres from an industrial centre, as an ecological zone of the intensive technogenic loading, where colony of control apiary was kept out. The second researches were conducted in agroecological zones with different anthropogenic loading on an environment — low-laying area, foot-hill and mountain zones of Carpathians. An apiary farm placed in a low-laying area agroecological zone was chosen as a control. The apiary farms of foot-hill and mountain zones were chosen as experimental ones. The bees tissues and products are taken from 3 beehives of every zone in a spring-summer period and the concentration of some heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Zn, Pb and Cd) have been determined by the atomic absorption spectrophotometer SF-115 PC.

As a result of studies it have been set that keeping of melliferous bees in agroecological conditions with the insignificant level of technogenic contamination is accompanied by lower content of heavy metals in the production. Lower Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb concentration in the

heads of melliferous bees kept out at the distance of 15 and 30 kilometres from the zone of the intensive technogenic loading were found. The thorax of melliferous bees of 1st and 2nd experimental groups had lower amount of Fe, Zn, Cu, Ni, Pb and higher content of Cr compare to bees of a control group. The same concentrations of all investigated heavy metals except Cu were found in the abdomen where Cu concentration was not different from the level in a control group.

Agroecological conditions of foot-hill and Carpathian Mountains decreased the Cu and Ni contents in the tissues of head, thorax and abdomen of melliferous bees as well as in honey and bee pollen and lowered in these products the Pb and Cd contents to the trace levels.

The results of investigations show that products of beekeeping may be used as bioindicators of contamination of environment by heavy metals. The influence of agroecological conditions and nutrition of melliferous bees on the indices of mineral composition of beekeeping products are speculated.

Keywords: BEES, TISSUES, PRODUCTS OF BEEKEEPING, HONEY, HEAVY METALS, AGROECOLOGICAL CONDITIONS

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТКАНЯХ ПЧЕЛ И ИХ ПРОДУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КАРПАТСКОГО РЕГИОНА

И. И. Ковальчук, Р. С. Федорук
inenbiol@mail.lviv.ua

Институт биологии животных НААН, ул. В. Стуса, 38; г. Львов, 79034, Украина

Проведены две серии исследований тканей и продукции пчел из разных агроэкологических зон Карпатского региона Украины. Исследования первой серии проведены в весенне-летний период в агроэкологических условиях Западного региона Украины с разной интенсивностью техногенной нагрузки — пасеки, которые находились на расстоянии 15 км (I опытная) и 30 км (II опытная) от промышленного центра, как экологической зоны интенсивной техногенной нагрузки, где содержались пчелосемьи контрольной пасеки. Вторая серия исследований проведена в агроэкологических

зонах с различным уровнем антропогенной нагрузки на окружающую среду — в низинной, предгорной и горной зонах Карпат. Контролем определено пасеку в низинной агроэкологической зоне. Опытными были пасеки предгорной и горной зон. Образцы тканей и продукции пчел отбирали из 3-х ульев каждой зоны в весенне-летний период и определяли концентрацию тяжелых металлов (Fe, Cu, Ni, Cr, Zn, Pb и Cd) на атомно-абсорбционном спектрофотометре СФ-115 ПК.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание

медоносных пчел в агроэкологических условиях с незначительным уровнем техногенного загрязнения сопровождается более низким накоплением тяжелых металлов в продукции пчеловодства. Достоверно низкую концентрацию Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd установлено в тканях головы медоносных пчел, которые находились на расстоянии 15 и 30 км от промышленного центра, как экологической зоны интенсивной техногенной нагрузки. В тканях грудного отдела медоносных пчел I и II опытных групп установлено достоверно низкую концентрацию Fe, Zn, Cu, Ni и Pb и достоверно высокую концентрацию Cr по сравнению с содержанием их в тканях пчел контрольной группы. В тканях брюшка установлено достоверно низкую концентрацию всех исследованных тяжелых металлов, кроме Cu, не отличающуюся от показателя контрольной группы.

Установлено, что агроэкологические условия предгорной и горной зон Карпат с разной интенсивностью антропогенной нагрузки способствуют достоверному снижению содержания Cu и Ni в тканях головы, грудного и брюшного отдела медоносных пчел, а также в меде и пчелиной обножке на фоне существенного снижения в этой продукции до следовых остатков Pb и Cd. Обобщены результаты исследований относительно использования продуктов пчеловодства в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Полученные результаты исследований обсуждаются в аспекте определяющего влияния агроэкологических условий содержания и питания медоносных пчел на показатели минерального состава продукции пчеловодства.

Ключевые слова: ПЧЕЛЫ, ТКНИ, ПРОДУКЦИЯ ПЧЕЛОВОДСТВА, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, МЕД, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Інтенсивність нагромадження важких металів (ВМ) в організмі медоносних бджіл залежить від їх віку, фізіологічного стану, екологічної характеристики регіону та співвідношення

мінеральних і білково-вуглеводних компонентів кормів, що використовуються. Вміст важких металів в організмі медоносних бджіл може бути як вищим, так і нижчим, або залишатися на рівні як у медоносних рослинах і визначально залежить від агроекологічних умов утримання. Характерно, що вміст окремих мінеральних елементів у тканинах медоносних бджіл значно коливається. Це може визначатися їхнім рівнем у пилку рослин і воді та фізіологічним значенням окремих мінеральних елементів для організму. Відомо, що медоносні бджоли здатні нагромаджувати Цинк і Залізо в тканинах організму у високих концентраціях, тоді як інші (Мідь, Нікель, Кадмій і Свинець) — у значно менших кількостях, не залежно від вмісту цих елементів в компонентах корму та інших біолого-екологічних об'єктах [1, 2].

Поряд з тим, мінеральні елементи мають важливе значення для організму бджіл як макро- і мікроелементи, оскільки беруть участь у процесах обміну у складі ензимів. Доведено, що окремі біогенні мінеральні речовини в організмі бджіл навіть у незначних концентраціях (Se, Ge, Cr, Ni), відіграють винятково важливу біологічну роль. Оскільки такі елементи, завдяки взаємодії з низкою ферментів, вітамінів і гормонів в організмі людини і тварин, впливають на збудливість тканин і нервової системи в цілому, на тканинне дихання, процеси метаболізму тощо [3, 4].

Однак надлишок, як і недостатність таких елементів в компонентах живлення організму бджіл зумовлює метаболічні порушення. Зокрема, у зв'язку з дією шкідливих чинників довкілля на обмін речовин в організмі бджіл змінюється вміст у тканинах та органах таких біологічно важливих мікроелементів як Мідь, Марганець, Кобальт, Цинк тощо. Споживання бджолами мінеральних елементів з пилком рослин і водою та вміст їх у нектарі зумовлює трансформацію цих речовин у продукцію, особливо в мед, що має важливе індикаторно-екологічне значення [5, 6].

Якісні та екологічні показники продукції медозбору в різних місцевостях і кліматичних зонах відрізняються залежно від виду і безпечності сільськогосподарських угідь, погодних умов (температури повітря, кількості опадів), а також інших факторів, у т.ч. негативних. Зокрема, це антропогенна діяльність та інтенсивність техногенного навантаження, що прямо чи опосередковано впливають як на кількісні, так і якісні показники виробництва продукції бджільництва [7]. Відомо, що тверді, газоподібні та рідкі компоненти повітря можуть бути шкідливими чи токсичними для бджіл. Потрапляючи у верхні шари відкритих водойм, річок, струмків, ґрунтів, а також у трофічні ланки рослин вони відображають атмосферний вплив природи на біологічні системи певної агроекологічної зони, території чи сільськогосподарської ділянки. Дослідженнями, проведеними у різних агроекологічних умовах доведено, що все це різноманіття органічних і мінеральних речовин є й у бджолиних вуликах та бджолопродукції, яка виробляється за впливу відповідних чинників довкілля [8].

Бджолине обніжжя, перга й мед, як продукти переробки медоносною бджолою пилку і нектару рослин або паді з участю ферментів, що виробляються слинними залозами, віддзеркалюють агроекологічні умови живлення цих комах. Перетворення нектару в мед пов'язане зі складними фізіологічними та фізико-хімічними процесами в організмі бджіл. Внаслідок трансформації цих рослинних компонентів з участю організму бджіл формується натуральний продукт, що характеризується наявністю поживних і мінеральних речовин, а також різноманітних біологічно активних речовин, а за певних умов і шкідливих чи токсичних хімічних елементів. У меді, як цінному харчовому та лікувальному продукті, що містить вуглеводи, ферменти, мінеральні речовини, білки, вітаміни, амінокислоти та гормони, сконцентровані легко засвоювані

цукри. За фізіологічних умов у невеликих кількостях, що відповідають наявності їх у медоносах, містяться зольні елементи, концентрація більшості з яких може зростати за умов високих рівнів їх у біологічних об'єктах довкілля.

У зв'язку з цим, метою дослідження було порівняльне вивчення мінерального складу тканин організму медоносних бджіл, бджолиного обніжжя, перги та поліфлорного меду залежно від агроекологічних умов довкілля.

Матеріали і методи

Проведено дві серії досліджень тканин організму медоносних бджіл та їх продукції з різних агроекологічних зон Карпатського регіону України.

Першу серію досліджень проведено у весняно-літній період з розміщенням пасік в агроекологічних умовах Західного регіону України з різною інтенсивністю техногенного навантаження. Дослідні пасіки перебували на відстані 15 км (І дослідна) і 30 км (ІІ дослідна) від промислового центру, як зони інтенсивного техногенного навантаження. Контролем служила пасіка Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького, територіально розташована в екологічній зоні інтенсивного техногенного навантаження — м. Львів.

Другу серію досліджень проведено в агроекологічних умовах з різним антропогенним навантаженням на довкілля — у низинній, передгірній та гірській зонах Карпат. Контролем визначено пасічники господарства, які знаходяться в низинній зоні (Золочівський та Сокальський райони Львівської області). Дослідними визначено господарства передгірної (Самбірський район) та гірської (Старосамбірський район) зон Карпат.

Зразки тканин (голова, грудний відділ, черевний відділ) відбирали від 90–100 бджіл з 3 вуликів з кожної групи

бджолосімей обох серій, по 30–35 комах з кожного. З цих же 3 вуликів з кожної групи у весняно-літній період отримували зразки бджолоїної продукції (бджолине обніжжя, перга і мед) і визначали концентрацію окремих важких металів (ВМ) на атомно-абсорбційному спектрофотометрі СФ-115 ПК.

Результати й обговорення

За результатами дослідження вмісту важких металів у тканинах окремих анатомічних відділів організму бджіл, що

утримувалися за агроекологічних умов Західного регіону України з різною інтенсивністю антропогенного і техногенного навантаження, спостерігали суттєві міжгрупові різниці. Зокрема, у тканинах голови медоносних бджіл, які утримувалися на відстані 15 і 30 км від зони інтенсивного техногенного навантаження, порівняно з бджолами контрольної групи, встановлено вірогідно нижчу концентрацію всіх досліджених елементів — Заліза, Цинку, Міді, Хрому, Нікелю, Свинцю та Кадмію (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст окремих важких металів у тканинах різних анатомічних відділів організму медоносних бджіл, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мікроелементи	Відстань від центру зони інтенсивного техногенного навантаження/група		
	0 км контрольна	15 км I дослідна	30 км II дослідна
<i>Голова</i>			
Fe	36,55±1,22	25,05±0,94***	24,03±0,76***
Zn	43,99±0,69	35,55±1,02***	34,08±0,72***
Cu	14,01±0,71	3,26±0,31***	2,85±0,09***
Cr	9,40±0,31	5,33±0,23***	5,07±0,25***
Ni	0,68±0,04	0,51±0,04*	0,46±0,03**
Pb	1,77±0,04	1,36±0,03***	1,28±0,04***
Cd	0,130±0,009	0,101±0,003*	0,090±0,003**
<i>Грудний відділ</i>			
Fe	48,63±0,73	44,27±0,58**	43,35±0,38***
Zn	32,38±1,16	25,70±0,82**	23,76±0,63***
Cu	3,76±0,09	1,12±0,09***	0,64±0,05***
Cr	3,56±0,18	4,13±0,06*	4,47±0,14**
Ni	1,76±0,08	1,37±0,06*	1,28±0,07**
Pb	1,21±0,06	0,72±0,03***	0,64±0,03***
Cd	0,060±0,003	0,060±0,003	0,060±0,003
<i>Черевний відділ</i>			
Fe	78,28±1,90	60,23±2,71**	57,01±2,92***
Zn	103,53±4,28	44,88±2,58***	38,22±1,93***
Cu	0,58±0,03	0,57±0,02	0,55±0,02
Cr	2,80±0,09	3,27±0,19	3,60±0,27*
Ni	0,84±0,03	0,68±0,03*	0,65±0,03**
Pb	1,65±0,05	0,83±0,04***	0,78±0,04***
Cd	0,25±0,02	0,190±0,009*	0,170±0,009*

Примітка: у цій і наступних таблицях вірогідність різниць між контрольною (I) і дослідними (II і III) групами враховували * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$

Характерно, що вміст більшості цих елементів у тканинах зменшувався прямолінійно до віддалі від джерела підвищеного екологічного навантаження. Однак більше виражена ця закономірність

у бджіл I дослідної групи, які забезпечувалися компонентами живлення в радіусі 15 км від контрольної групи, що може свідчити про агроекологічні особливості умов цієї зони щодо вмісту

ВМ. Концентрація Нікелю і Кадмію у тканинах голови медоносних бджіл, які утримувалися на відстані 30 км, змінювалася більш інтенсивно ($p < 0,01$), ніж у тканинах голови медоносних бджіл, які утримувалися у радіусі 15 км від пасіки контрольної групи.

У тканинах грудей медоносних бджіл I і II дослідних груп встановлено вірогідно нижчу концентрацію Fe, Zn, Cu, Ni та Pb порівняно з вмістом їх у тканинах бджіл контрольної групи. Однак, у цих тканинах, як і черевного відділу, встановлено вірогідно вищу концентрацію Хрому, що підтверджує припущення про можливе інтенсивне надходження Хрому в організм бджіл з водою у період взяття зразків тканин. З наведених у таблиці 1 результатів також видно, що концентрація більшості (Fe, Zn, Cr, Ni) досліджуваних важких металів у тканинах грудей медоносних бджіл II дослідної групи, які утримувалися на відстані 30 км від контрольної пасіки, зменшувалася ($p < 0,01$) інтенсивніше, ніж у тканинах грудей медоносних бджіл, які утримувалися на відстані 15 км від зони інтенсивного техногенного навантаження. Тоді як вміст Свинцю у цих тканинах I і II груп суттєво не відрізнявся. Кадмій — залишався на рівні контрольної групи, а для Хрому відзначено вірогідно вищий рівень, ніж у бджіл контрольної групи. Встановлені відмінності вмісту окремих ВМ у тканинах грудного відділу можуть вказувати на наявність системно-тканинних особливостей нагромадження мінеральних елементів в різних анатомічних відділах бджіл залежно від інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, про що свідчать дані інших дослідників [7].

У тканинах черевця медоносних бджіл дослідних груп встановлено вірогідно нижчу концентрацію всіх досліджених ВМ, крім Міді, що не перевищує рівня у контрольній групі. Однак більше виражене зниження (на 40–60 %) спостерігалось для вмісту Цинку, Свинцю та Кадмію, що свідчить про неоднакову залежність нагромадження

окремих ВМ в різних анатомічних відділах організму медоносних бджіл.

Концентрація досліджуваних важких металів в тканинах черевця медоносних бджіл, які утримувалися на відстані 30 км, змінювалася більш інтенсивно і супроводжувалася вищим рівнем Хрому ($p < 0,05$), ніж у тканинах бджіл, які відбиралися на відстані 15 км. Тенденція до вищого рівня Хрому в тканинах черевця бджіл з дослідних пасік на даний час не має логічних пояснень. Екологічним чинником накопичення Хрому в організмі бджіл могла бути вода відкритих водойм з підвищеним вмістом Хрому. З іншого боку, виявлена значна різниця у вмісті окремих ВМ у тканинах бджіл з досліджених екологічних зон може відзначатися особливостями будови їхньої дихальної системи. Відомо, що у бджіл вона представлена великою кількістю трахей, що пронизують все тіло, і повітряних мішків, зконцентрованих у грудному та черевному відділах, і які відкриваються назовні дихальцями. У результаті такої будови дихальної системи всі речовини, що містяться в повітрі навколишнього середовища, потрапляють безпосередньо в гемолімфу і можуть акумулюватися у різних органах медоносних бджіл. Підтвердженням цього припущення може служити приблизно однаковий рівень Міді в тканинах бджіл з різних екологічних зон і виражена достовірна екологічна залежність вмісту цього елемента в продукції [8, 9].

Відмінності вмісту досліджених ВМ в організмі медоносних бджіл у весняно-літній період в екологічних зонах техногенного навантаження різної інтенсивності західного регіону України, впливали на їх трансформацію в продукцію бджільництва, що показали результати досліджень перги і меду з цих вуликів.

Кількісний склад важких металів у продукції бджіл, зокрема у бджолиному обніжжі, перзі та меді також залежить від походження та виду медоносної культури. У меді, одержаному з неоднакової певної

групи медоносів, відзначається різний вміст окремих важких металів. Зокрема, за результатами досліджень останніх років встановлено дещо вищу акумулятивну здатність соняшника щодо Pb і Cd, порівняно з іншими агрокультурами, що підтверджується високими ремедіаційними властивостями його щодо окремих важких металів [10]. У меді, виробленому бджолами з нектару озимого ріпаку, вміст важких металів є нижчим, порівняно з медом, одержаним під час цвітіння гречки, гірчиці та соняшнику. Вміст важких металів у вегетативній і квітковій масі рослин, а також у зібраному з цих рослин обніжжі, у значній мірі залежить від наявності і кількості їх у ґрунті [11]. Однак, частина важких металів, що міститься в нектарі «фільтрується» бджолами при його збиранні, оскільки бджоли володіють особливою фізіологічною здатністю пропускати у свої продукти лише певну частку того чи іншого токсиканту. Це пов'язано з тим, що бджола переробляючи нектар у мед, багаторазово пропускає його через хітиновий хоботок-фільтр, який адсорбує значну кількість металів. Тому за умов багаторазового перевищення рівня важких металів в нектарі, паді та організмі бджіл мед отримують з невеликою кількістю важких металів навіть з рослин із високим їх вмістом.

Бджоли, збираючи нектар і пилок з рослин, що містять токсичні чи шкідливі речовини, не тільки самі піддаються смертельному ризику, а й стають небезпечним джерелом забруднення вироблених ними продуктів. У перзі бджіл I дослідної групи, отриманої з пасіки на відстані 15 км від промислового центру, порівняно з I (контрольною) групою, встановлено вірогідно нижчий вміст Zn, Cu, Cr, Ni і Pb. Аналіз результатів досліджень свідчить, що в перзі, отриманій з дослідних I і II пасік, порівняно з пергою, отриманою з контрольної пасіки, встановлено вірогідно нижчий рівень всіх досліджуваних металів, що підтверджує закономірності їх вмісту у тканинах голови

і грудей, крім Феруму і Кадмію, різниця вмісту яких в перзі I дослідної пасіки не вірогідна. Встановлено, що окремі важкі метали не в однаковій кількості акумулюються в перзі, як продукції бджільництва, а вміст їх більше залежить від відстані до джерела техногенного забруднення важкими металами [12]. У наших дослідженнях більше виражене зменшення вмісту у перзі спостерігається для Cu, Cr, Pb, Cd і менше для Fe, Zn, Ni, що може свідчити про неоднакове поширення цих елементів за межами промислового центру в радіусі 15 і 30 км. Слід зазначити, що вміст досліджених важких металів у перзі, отриманій з бджолиного обніжжя II дослідної пасіки (на відстані 30 км), зменшується більш інтенсивно, ніж у перзі, отриманій з пасіки, розміщеної на відстані 15 км від промислового центру. Проте рівень зниження вмісту приблизно однаковий для всіх елементів, що свідчить про послаблення впливу промислового центру на віддалі 30 км.

Вміст окремих ВМ у меді значно коливається і залежить від відстані до промислового центру. Зокрема, рівень Fe, Zn і Cu у меді дослідних пасік знижується у 1,5 та 1,8 раза ($p < 0,01$) порівняно з контрольною групою. Суттєве зниження концентрації важких металів у процесі переробки нектару у мед значною мірою визначається адсорбуванням їх тканинами бджолиного організму з наступним нагромадженням в окремих органах, що захищають бджіл від токсичного впливу таких елементів. Це пов'язано з особливою проникністю для металів стінок медового зобика бджоли. Менше виражені відмінності встановлено для вмісту Ni, рівень якого у меді з вуликів дослідних груп виявляв тенденцію до підвищення порівняно до контрольної пасіки. Слід зазначити, що для вмісту Кадмію у зразках меду бджіл як I, так і II дослідних груп відмічено лише залишкові кількості цих токсикантів. Аналогічний рівень залишкової кількості Pb спостерігали у зразках меду II дослідної групи, проте у

зразках з першої групи відмічено у 3,6 раза нижчий рівень цього елемента ($p < 0,001$), ніж у контролі. Доведено, що у процесі переробки нектару в мед, використовується фізіологічна особливість

стінок медового зобика, у якому частково відділяються важкі метали, що транспортуються в гемолімфу і відкладаються в різних анатомічних відділах бджіл.

Таблиця 2

Вміст окремих важких металів у перзі та поліфлорному меді, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Важкі метали	Відстань від центру зони інтенсивного техногенного навантаження/група		
	0 км контрольна	15 км І дослідна	30 км ІІ дослідна
<i>Перга</i>			
Fe	40,61±2,18	34,07±1,81	28,74±1,66**
Zn	53,18±1,75	46,24±1,36*	42,57±1,27**
Cu	5,47±0,15	3,79±0,14***	3,55±0,17***
Cr	6,42±0,28	4,31±0,20***	3,93±0,04***
Ni	0,81±0,04	0,65±0,04*	0,58±0,05*
Pb	2,18±0,10	1,34±0,08***	1,17±0,07***
Cd	0,12±0,01	0,10±0,01	0,080±0,007*
<i>Поліфлорний мед</i>			
Fe	14,91±0,45	9,81±0,83**	8,07±0,62**
Zn	8,59±0,05	4,31±1,10***	5,29±0,58**
Cu	1,15±0,13	0,55±0,03**	0,77±0,09*
Ni	0,140±0,009	0,12±0,017	0,17±0,02
Pb	0,250±0,018	0,070±0,007***	<i>Сліди</i>
Cd	0,02±0,03	<i>Сліди</i>	<i>Сліди</i>

Вказана функціональна особливість медового зобика бджіл як біологічного фільтра, дає можливість цим комахам акумулювати у своєму організмі різні токсичні елементи і цим, частково, перешкоджати проникненню їх у вироблену ними продукцію [13].

Таким чином, відмінності вмісту досліджених ВМ у зразках перги та поліфлорного меду, одержаних з пасік екологічних зон різної інтенсивності техногенного навантаження суттєво залежать від віддалі до джерела промислових викидів і мають для більшості елементів пряму кореляцію, що може впливати на біологічну цінність і якість продукції бджільництва та життєздатність бджіл.

Дослідження вмісту окремих ВМ в окремих анатомічних відділах організму бджіл за агроекологічних умов низинної, передгірної та гірської зон вказують на суттєві між групові відмінності з вираженим зниженням рівнів у тканинах голови, грудей і черевця бджіл з пасік

передгірної та гірської зон. У тканинах голови медоносних бджіл, які утримувалися у передгірній та гірській зонах, порівняно з тканинами бджіл контрольної групи, які утримувалися в низинній зоні, встановлено вірогідно нижчий рівень Fe, Zn, Cu, Ni та Cd (табл. 3). Така особливість відзначається для вмісту цих елементів у тканинах й інших анатомічних відділів бджіл. Зміни вмісту досліджуваних важких металів, крім Cr, у тканинах голови медоносних бджіл дослідних груп, виражені в більшій мірі, ніж у тканинах бджіл контрольної групи, які утримувалися у передгірній зоні. Характерно, що відзначена тенденція зберігається для розподілу цих елементів у тканинах грудного і черевного відділів.

Однак, у тканинах грудного і черевного відділів медоносних бджіл дослідних груп, порівняно з тканинами бджіл із низинної зони, встановлено нижчий вміст всіх досліджених мінеральних елементів, проте для Ni і Pb в І дослідній групі відмінності не вірогідні.

Таблиця 3

Вміст окремих важких металів у тканинах окремих анатомічних відділів організму медоносних бджіл з різних агроекологічних зон Карпат, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Мікроелементи	Агроекологічні зони Карпат /група		
	низинна (контрольна)	передгірна (I дослідна)	гірська (II дослідна)
<i>Голова</i>			
Fe	26,15±0,59	24,38±0,31	24,02±0,08*
Zn	29,14±0,65	26,92±0,43*	26,39±0,33*
Cu	2,05±0,05	1,85±0,03*	1,81±0,02*
Cr	2,80±0,34	2,79±0,06	2,70±0,06
Ni	0,47±0,02	0,39±0,01*	0,350±0,007**
Pb	2,16±0,08	1,92±0,03	1,87±0,02*
Cd	0,080±0,006	0,060±0,003*	0,050±0,003*
<i>Грудний відділ</i>			
Fe	46,35±0,89	41,90±0,56*	40,91±0,49**
Zn	24,09±0,56	22,21±0,38*	21,41±0,32*
Cu	2,51±0,05	2,30±0,05*	2,09±0,04**
Cr	3,15±0,11	2,79±0,06*	2,70±0,05*
Ni	2,16±0,08	1,93±0,04	1,87±0,04*
Pb	1,02±0,05	0,87±0,02	0,83±0,02*
Cd	0,070±0,006	0,050±0,003*	0,040±0,003*
<i>Черевний відділ</i>			
Fe	81,07±1,14	76,41±0,87*	75,23±0,42**
Zn	29,34±0,44	25,15±0,69**	24,95±0,61**
Cu	2,14±0,09	1,79±0,04*	1,74±0,03**
Cr	3,07±0,11	2,68±0,04***	1,61±0,05***
Ni	0,49±0,03	0,39±0,01*	0,36±0,02*
Pb	1,47±0,09	1,26±0,02*	1,23±0,02*
Cd	0,29±0,02	0,20±0,01*	0,18±0,01**

Зниження вмісту досліджуваних елементів у тканинах грудного відділу бджіл, які утримувалися в гірській зоні, порівняно до рівня їх у зразках тканин бджіл II дослідної групи виражені в більшій мірі, ніж у тканинах грудного відділу бджіл I дослідної групи, які утримувалися у передгірній зоні. Вказані відмінності свідчать про виражений зональний вплив агроекологічних чинників на вміст і можливу кумуляцію важких металів як у нектарі та пилку медодаїв, так і тканинах різних частин тіла бджіл.

Аналогічні різниці спостерігали у тканинах черевця медоносних бджіл, які утримувалися у передгірній та гірській зоні. З наведених у таблиці 3 результатів також видно, що концентрація Fe, Cu, Cr і Cd у тканинах черевця медоносних бджіл, які утримувалися в гірській зоні,

зменшувалася більш інтенсивно, ніж у тканинах бджіл з передгірної зони. Це свідчить про можливий суттєво вищий вміст досліджених ВМ у медоносних рослинах і воді за рахунок, очевидно, негативного впливу агроекологічних чинників і антропогенної діяльності на життєдіяльність бджіл у низинній зоні, ніж у передгірній та гірській [14, 15].

Підтвердженням цього є результати дослідження вмісту окремих важких металів у зразках бджолиного обніжжя та меді з цих агроекологічних умов, зокрема вірогідні зміни рівнів окремих елементів у продукції, одержаній у низинній, передгірній та гірській зонах. Встановлено, що у бджолиному обніжжі та меді з пасік обох дослідних груп зберігається відзначена для тканин бджіл закономірність вірогідно нижчого вмісту більшості досліджених важких металів

порівняно до контролю. Однак вміст Zn як у бджолиному обніжжі, так і меді з пасік дослідних груп суттєво не був нижчим порівняно до того рівня в цій продукції з пасік контрольної групи, крім вірогідно нижчого вмісту Zn в обніжжі бджіл II дослідної групи.

Відзначені не значні відмінності вмісту Zn в тканинах, обніжжі і меді бджіл

з пасік низинної, передгірної та гірської зон Карпат можуть зумовлюватися високим вмістом цього елемента у гірській породі, ґрунтах і воді усіх трьох зон, що визначає його підвищену природну трансформацію у трофічному ланцюгу ґрунт-рослина-тварина-продукція.

Таблиця 4

Вміст окремих важких металів у бджолиному обніжжі та поліфлорному меді з різних агроекологічних зон Карпат, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Важкі метали	Агроекологічні зони Карпат / група		
	низинна (контрольна)	передгірна (I дослідна)	гірська (II дослідна)
<i>Бджолине обніжжя</i>			
Fe	41,42±0,91	38,78±0,42	38,43±0,33*
Zn	72,45±0,87	70,34±0,36	69,70±0,26*
Cu	3,19±0,08	2,89±0,06*	2,83±0,04*
Cr	7,46±0,12	6,64±0,30	5,92±0,14**
Ni	0,84±0,02	0,71±0,03*	0,61±0,02**
Pb	2,97±0,11	2,12±0,16*	1,72±0,06**
Cd	0,26±0,03	0,13±0,02*	0,070±0,007**
<i>Мед</i>			
Fe	4,20±0,78	3,99±0,41	2,60±0,05
Zn	3,88±0,41	3,67±0,01	3,34±0,58
Cu	0,68±0,03	0,61±0,05	0,480±0,005***
Cr	0,47±0,003	0,28±0,03***	<i>Сліди</i>
Ni	0,08±0,01	0,050±0,008*	0,040±0,005*
Pb	0,20±0,001	<i>Сліди</i>	<i>Сліди</i>
Cd	0,010±0,003	<i>Сліди</i>	<i>Сліди</i>

Аналіз результатів дослідження поліфлорного меду показав дещо нижчий рівень Fe у зразках із передгірної та гірської зон порівняно до низинної. Аналогічна тенденція міжгрупових різниць спостерігалася при дослідженні рівня Zn у зразках поліфлорного меду з різних агроекологічних зон. Вірогідно нижчий рівень відзначено для Cr та Ni у зразках меду з передгірної зони відповідно у 1,7 та 1,6 раза ($p < 0,05; 0,001$), а для зразків з гірської зони спостерігали залишкові кількості (сліди) — Cr і вірогідно нижчий рівень (у 2,0 рази) Ni. Очевидно, різний вміст досліджуваних елементів у зразках меду із низинної і гірської агроекологічних зон зумовлений неоднаковим фоновим рівнем їх у воді, ґрунтах і рослинах цих агроландшафтних територій, а також кумуляцією окремих

елементів в організмі медоносних бджіл і трансформацією їх в продукцію бджільництва.

Дослідженнями вмісту Cd і Pb в зразках поліфлорного меду відмічено лише залишкові кількості цих токсикантів, тоді як у тканинах і обніжжі бджіл рівень цих ВМ був у фізіологічно допустимих межах (див. табл. 3, 4). Це підтверджує здатність організму бджіл вилучати ВМ з компонентів живлення, особливо нектару, оскільки різниці вмісту більшості досліджених мікроелементів в обніжжі і тканинах бджіл є значними, а в меді низькими. Дані літератури вказують, що серед усіх продуктів бджільництва (мед, віск, обніжжя, прополіс та маточне молочко) найменшу кількість важких металів виявляють у меді — Pb 0,5 мг/кг, Cd 0,01 мг/кг [16–18]. Екологічна чистота

меду визначається його хімічним складом, що формується вуглеводами, які виділяються секреторними клітинами нектарників рослин впродовж декількох годин, а також пилковими зернами, в яких вміст важких металів є вірогідно вищим, ніж у нектарі. Однак, бджоли здатні ці зерна відфільтровувати. Саме за рахунок зменшення вмісту пилових зерен у зрілому меді вірогідно знижується кількість різних ксенобіотиків, у т.ч. ВМ [19, 20].

Отже, результати проведених досліджень вказують, що утримання медоносних бджіл в агроєкологічних умовах різновіддалених від промислових центрів зон, а також на пасіках з і з незначним рівнем антропогенного і техногенного навантаження в передгір'ї Карпат, супроводжується вірогідно нижчим вмістом важких металів у тканинах бджіл, бджолиному обніжжі та меді. Відзначені міжгрупові відмінності вмісту окремих важких металів у зразках меду з різних агроєкологічних зон Карпатського регіону України вказують на значні різниці щодо їх рівнів у трофічному ланцюгу бджіл і підтверджують особливу фізіологічну здатність їхнього організму виводити ВМ з нектару у процесі його біологічної трансформації у мед.

Висновки

1. Інтенсивність антропогенного і техногенного навантаження та агроєкологічні умови Прикарпаття і Карпат зумовлюють виражений фізіологічний вплив на вміст окремих ВМ у тканинах організму медоносних бджіл і трансформацію мінеральних елементів в продукцію бджільництва.

2. Агроєкологічні умови с.-г. угідь, віддалених від промислового центру на 15 і 30 км, а також передгірної і гірської зон Карпат, забезпечують нижчий вміст Ni, Cr, Pb та Cd в тканинах медоносних бджіл і їхній продукції — бджолиному обніжжі та меді.

3. Визначення вмісту ВМ в елементах трофічного ланцюга бджіл та їхній продукції може бути теоретичною базою для створення системи моніторингу навколишнього середовища з використанням медоносних бджіл (апімоніторинг), що дозволить ефективно впливати на стан екосистем та прогнозувати його зміни, а також забезпечить передумови для розроблення методичної бази органічного бджільництва і впровадження в Україні системи ведення екологічно безпечного бджільництва.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення ліпідного складу тканин і продукції медоносних бджіл з врахуванням рівня у ній важких металів і показників життєздатності та резистентності організму за різних агроєкологічних умов утримання.

1. Bianu E., Nica D. Honeybees — bioindicators in a heavy polluted area, *Second European Conf. of Apidology*, Prague 10–14th September, 2006, p. 85.

2. Conti M. E., Botre F. Honey bees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental monitoring and assessment*, 2001, vol. 69 (3), pp. 267–282.

3. Bogdanov S., Haldimann M., Luginbuhl W., Gallmann P. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects, *Jornal of Apicultural Research and Bee World*, 2007, vol. 46 (4), pp. 269–275.

4. Tuzen M. Determination of some metals in honey samples for monitoring environmental pollution. *Fresenius environmental bulletin*, 2002, vol. 11 (7), pp. 366–370.

5. Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*, 2003, vol. 38, pp. 63–70.

6. Chaney R. L., Ryan J. A., Kukier U., Brown S. L. Heavy metal aspects of compost use., In: Stoffella PJ, Khan B.A., editors. Compost utilization in horticultural cropping systems. *Boca Raton, Fl: CRC Press LLC*; 2001, pp. 324–359.

7. Kovalchuk I. I. Soderzhanie tyazhelyih metallov v organizme pchel i ih produktsii [The content of heavy metals in the

body of bees and their products]. *Pchelovodstvo — Beekeeping*, 2012, no. 2, pp. 6–7 (in Russian)

8. Horn H, Lylman K. Vse o mede [All about honey]. Moscow, AST, 2006. 316 p.

9. Kabata-Pendias A. Soil-plant transfer of trace elements — an environmental issue. *Geoderma*, 2004, 122, pp. 143–149.

10. Skalnuy A. V., Rydakov I. A. Bioelementyi v meditsine [Bioelements in medicine]. Moscow, Mir, 2004. 272 p. (in Russian)

11. Gonzalez-Miret M., Terrab A., Hernanz D. Multivariate Correlation between color and mineral composition of honey and their botanical origin. *Jornal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53 (7), pp. 2574–2580.

12. Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination, *Apiacta*, 2003, vol. 38, pp. 63–70.

13. Joney K. C. Honey as an indicator of heavy metal contamination, *Water Air Soil Pollut*, 1987, vol. 33, № ½, pp. 179–189.

14. Fedoruk R. S., Kovalchuk I. I., Rivis Y. F., Saranchuk I. I. Heavy metals and lipids acids content in the tissues and production of bees from different agroecologic zones of Carpatian region, *Miedzynarodowa Konferencja Naukowa «Osiagniecia naukowe a praktyka zootechniczna»*, Krakow, 2009, pp. 18–22.

15. Fedoruk R. S., Kovalchuk I. I.,

Saranchuk I. . Vmist vazhkih metaliv u pilku i tkaninah bdzhil v umovah Prikarpattya i Karpat [Content of heavy metals in tissues and bee pollen in Carpathian]. *Fiziologichniy zhurnal — Journal of Physiological*, 2010, vol. 56, № 2, pp. 237–238. (in Ukrainian)

16. Cell G., Maccagnani B. Honey bees as bioindicators of environmental pollution, *Bulletin of Insectology*, 2003, vol. 56(1), pp. 137–139.

17. Madras-Majewska B., Jasinski Z. Lead content of bees, brood and bee products from different regions of Poland, *Apic. Sc.*, 2003, vol. 47, № 2, pp. 47–55.

18. Pashayan S.A. Svoystva migratsii tyazhelyih metallov [Properties of heavy metal migration]. *Pchelovodstvo — Beekeeping*, 2006, № 9, pp. 12–13. (in Russian)

19. Seyhan Y., Helmut H., Heinz-Dieter I. Honey as bioindicator by screening the heavy metal content of the environment. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 2006, vol. 102, pp. 192–194.

20. Crane E. Bees, honey and pollen as indicators of metals in the environment. *Bee World*, 1984, vol. 55, pp. 47–49