

Національна академія аграрних наук
Інститут сільського господарства Карпатського регіону

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КЛИМ ОЛЕГ ЯРОСЛАВОВИЧ

УДК 574.23; 591.5; 577.115.118; 638.1

ДИ С Е Р Т А Ц І Я
ІНТЕНСИВНІСТЬ НАГРОМАДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
І ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ ТА ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛ
В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ

03.00.16 – екологія

Подається на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів посилаються на відповідне джерело.



О. Я. Клим

Науковий керівник:

Рівіс Йосип Федорович –
доктор сільськогосподарських наук,
головний науковий співробітник

АНОТАЦІЯ

Клим О. Я. Інтенсивність нагромадження важких металів і жирних кислот у тканинах та продукції бджіл в умовах Заходу України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія (101 – екологія). – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2020.

Важкі метали причетні до обмінних процесів жирних кислот в організмі медоносних бджіл. Зокрема, важкі метали, насамперед двовалентні, впливають на інтенсивність елонгації, десатурації та пероксидне окиснення жирних кислот у тканинах наведених вище комах. Від важких металів залежить кількість жирних кислот, які знаходяться у тканинах медоносних бджіл в аніонній, неестерифікованій і естерифікованій формах та визначають загальнобіотичну цінність продукції бджільництва. У результаті змінюється забезпеченість організму згадуваних комах енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом. Все це позначається на життєдіяльності медоносних бджіл, продуктивності бджолиних родин та складу бджолиної продукції.

У доступній науковій літературі відсутні дані щодо вмісту важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл, бджолиних стільниках та важких металів у натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній і лісостеповій зонах Карпатського регіону. Цим обумовлена актуальність теми дисертаційної роботи.

В основу методичного підходу при вивченні цього питання покладено порівняльне дослідження вмісту важких металів і різних форм жирних кислот у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл і бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній і лісостеповій зонах Карпатського регіону. У завдання дисертаційної роботи входило також дослідження основних якісних показників і вмісту важких металів у натуральних

поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених на наведених вище територіях.

Інтенсивність техногенного навантаження на довкілля визначали за вмістом у пилку з кульбаби лікарської та яблуні Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію.

Бджолине обніжжя, карпатські медоносні бджоли, свіжопобудовані бджолині стільники (язики) та натуральний поліфлорний мед для досліджень відбирали з трьох вуликів на трьох пасіках, розміщених у гірській (с. Славське Сколівського району), передгірній (с. Стинава Стрийського району) та лісостеповій (с. Миклашів Пустомитівського району) зонах Західної України.

У відібраних зразках пилку з кульбаби лікарської й яблуні, тканинах черевця, грудей і голови медоносних бджіл та свіжопобудованих бджолиних стільниках визначався вміст важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот. У відібраних зразках натуральних поліфлорних медів визначалися основні якісні показники та вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію.

Основні якісні показники натуральних поліфлорних медів (діастазне число та вміст відновлювальних цукрів, проліну та гідроксиметилфурфуролу) визначалися за чинним на даний час Національним стандартом ДСТУ 4497:2005. Вміст важких металів у досліджуваному біологічному матеріалі визначався на атомно-абсорбційному спектрофотометрі (Селмі-115), а аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот – на газорідинному хроматографічному апараті (Chrom-5).

Проведеними дослідженнями встановлено, що в пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Західної України, порівняно з гірською, як результат урбанізації та індустріалізації території зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію. При цьому в бджолиному обніжжі зростає вміст аніонних насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів

Карбону в ланцюгу (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової і стеаринової), мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 (пальмітоолеїнової, олеїнової й ейкозаєнової) і поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 (лінолевої і ліноленої) та зменшується – неестерифікованих. Одночасно в пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, за рахунок насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової і стеаринової), мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 (пальмітоолеїнової, олеїнової й ейкозаєнової) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 (лінолевої і ліноленої) зменшується вміст естерифікованих жирних кислот. Тим самим знижується енергетична, атрактивна, функціонально-метаболична та біологічна цінність пилку з кульбаби лікарської та яблуні для організму медоносних бджіл.

Зафіксовано, що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, у зв'язку із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля збільшується концентрація Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію. Одночасно в цих тканинах кислот з боку насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової, стеаринової і арахінової), мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 (пальмітоолеїнової, олеїнової й ейкозаєнової) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 (лінолевої, ліноленої, ейкозациєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозопентаєнової, докозациєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозопентаєнової і докозагексаєнової) зростає вміст аніонних жирних кислот. При цьому в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського

регіону, порівняно з гірською, за рахунок насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової, стеаринової і арахінової), мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 (пальмітоолеїнової, олеїнової й ейкозасенової) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 (лінолевої, ліноленової, ейкозациєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозапентаєнової, докозациєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової і докозагексаєнової) зменшується концентрація неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот. Разом з тим у вказаних тканинах бджіл в складі неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот зменшується ефективність трансформації лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні, що, видно, негативно впливає на забезпечення організму медоносних бджіл енергетичним і біологічно активним матеріалом.

Виявлено, що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською, зменшується концентрація фосфоліпідів. Одночасно в них зростає відносний вміст насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової, стеаринової і арахінової) і мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 (пальмітоолеїнової, олеїнової й ейкозасенової) та зменшується – поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 (лінолевої, ліноленової, ейкозациєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозапентаєнової, докозациєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової і докозагексаєнової), що може вказувати на погіршення забезпечення організму медоносних бджіл структурним матеріалом.

Встановлено, що в свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Західної України, порівняно з гірською, зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому,

Ніколу, Плюмбуму та Кадмію. Разом з тим, у таких бджолиних стільниках за рахунок насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу (каприлової, капринової, лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової і стеаринової), мононенасичених жирних кислот родин ω -7 й ω -9 (пальмітоолеїнової, олеїнової й ейкозаєнової) і поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 (лінолевої і ліноленової) збільшується концентрація аніонних жирних кислот та зменшується – неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот, що може вказувати на істотне зниження антибактеріальної й антигрибкової активності бджолиних стільників та підвищення крихкості їх стінок.

Встановлено, що основні якісні показники та вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у різних природних зонах Карпатського регіону не перевищував допустимі норми чинного вітчизняного стандарту. Однак, у натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Західної України, порівняно з гірською, вміст наведених вище важких металів є значно вищий. При цьому у наведених вище медах зменшується діастазне число та вміст відновлювальних цукрів і проліну, але збільшується концентрація гідроксиметилфурфуролу. Наведене вище впливає на загальнобіотичну цінність та якісні показники досліджуваних медів.

Констатовано, що найбільш якісні за вмістом важких металів продукти бджільництва отримуються у гірській зоні Карпатського регіону. У меншій мірі вони отримуються у передгірній зоні та ще в меншій мірі в лісостеповій. Виходячи із цього в передгірній та особливо в лісостеповій зонах необхідно зменшувати викиди в навколишнє середовище тих речовин, що містять у своєму складі наведені вище метали.

Ключові слова: природні зони, екоситуація, важкі метали, пилок, тканини медоносних бджіл, поліфлорні меди, жирні кислоти.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Рівіс Й. Ф., Ковальський Ю. В., Саранчук І. І., **Клим О. Я.** *Якісні показники натуральних поліфлорних медів у різних природних зонах Карпатського регіону.* Вісник аграрної науки. Київ, 2018. № 7. С. 27-31. (Дисертант провів експериментальні дослідження, статистично опрацював отримані дані, написав статтю).

2. Рівіс Й. Ф., **Клим О. Я.** *Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл в різних природних зонах Карпатського регіону.* Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН. Львів, 2018. Вип. 19, № 2. С. 23-29. (Дисертант провів експериментальні дослідження, статистично опрацював отримані дані, написав статтю).

3. Рівіс Й. Ф., **Клим О. Я.** *Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл в різних природних зонах Карпатського регіону.* Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН. Львів, 2018. Вип. 19, № 1. С. 21-27. (Дисертант провів експериментальні дослідження, статистично опрацював отримані дані, написав статтю)

4. **Клим О. Я.** *Вміст важких металів і естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках в різних природних зонах Карпатського регіону.* Бджільництво України. Київ, 2018. Вип. 3. С. 62-69.

5. **Клим О. Я.** *Вміст жирних кислот і важких металів у пилку з кульбаби лікарської у різних природно-екологічних зонах Карпатського регіону.* Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН. Львів, 2017. Вип. 18, № 1. С. 53-63.

6. **Клим О. Я.** *Концентрація жирних кислот і важких металів у пилку з яблуні в різних природних зонах Карпатського регіону.* Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. с. Оброшино, 2017. Вип. 61. С. 145–159.

7. **Клим О. Я.** *Вміст важких металів та жирнокислотний склад фосфоліпідів тканин медоносних бджіл у різних природних зонах Карпатського регіону.* *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* с. Оброшино, 2017. Вип. 62. С. 173–185.

Статті у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз

8. **Klym O., Stadnytska O.** *Concentrations of heavy metals in polyphlore honey in different terrestrial ecosystems of the Carpathians.* Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica. 2019. V. 18(3). S. 14–15 (*Дисертант провів експериментальні дослідження, опрацював отримані дані, написав і оформив статтю до друку*).

9. **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. V. 18(3). S. 15–20 (*Дисертант провів експериментальні дослідження, опрацював отримані дані, написав і оформив статтю до друку*).

Інші публікації

10. **Клим О. Я.** *Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках (язиках) в різних природних зонах Карпатського регіону.* Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Бджільництво України: історія, сьогодення, шляхи розвитку», м. Київ, 5 жовтня 2018 року. Київ, 2018. С. 18–19.

11. **Клим О. Я.** *Інтенсивність нагромадження важких металів у бджолиному обніжжі в різних природних зонах Карпатського регіону.* Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні

проблеми агропромислового виробництва України», с. Оброшино, 9 листопада 2017 р. Львів-Оброшино, 2017. С. 26–27.

12. **Клим О. Я.** *Забруднення продукції бджільництва важкими металами.* Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України», с. Оброшино, 16 листопада 2016 р. Львів-Оброшино, 2016. С. 23–24.

13. **Виноград Н. О., Клим О. Я.** *Аспекти біобезпеки у бджільництві.* Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми епідеміології інфекційних, паразитарних і неінфекційних захворювань». Львів, 12–13 травня 2016 р. Львів, 2016. С. 257. *(Дисертант провів експериментальні дослідження, статистично опрацював отримані дані, написав тези).*

ABSTRACT

Klym O. Y. Intensity of heavy metals and fatty acids accumulation in tissues and bee production in Western Ukraine. – The manuscript.

Thesis for a candidate degree in the agricultural sciences, speciality 03.00.16 – ecology. – Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Lviv, 2020.

Heavy metals are involved in the metabolic processes of fatty acids in the body of honey bees. In particular, heavy metals, primarily divalent, affect the intensity of elongation, desaturation and peroxide oxidation of fatty acids in the tissues of the mentioned above insects. The amount of fatty acids in the tissues of honey bees in anionic, unesterified and esterified forms depends on heavy metals and determines the biological value of beekeeping products. As a result, the body of the mentioned insects changes with energy, structural and biologically active material. All this affects the life of honey bees, the productivity of bee families and the composition of bee products.

The available scientific literature does not contain data on the content of heavy metals, anionic fatty acids, unesterified fatty acids and esterified fatty acids in pollen basket, tissues of honey bees, honeycombs and heavy metals in natural polyphosphoric honey taken from the beehives located in the mountain, foothill and forest-steppe areas of the Carpathian region. This is the relevance of the topic of the thesis.

The basis of the methodological approach while studying this issue is a comparative study of the content of heavy metals and various forms of fatty acids in pollen basket, tissues of honey bees and honeycombs taken from the beehives located in the mountainous, foothill and forest-steppe areas of the Carpathian region. The task of the thesis was also to study of the main qualitative indicators and the content of heavy metals in natural polyfloric honey obtained from the beehives located in these areas.

The intensity of the technogenic load on the environment was determined by the content of Iron, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, Lead and Cadmium in the pollen from the dandelion and apple tree.

Pollen basket, Carpathian honey bees, freshly constructed bee honeycombs and natural polyfloric honey were taken from three beehives of three apiaries located in the mountain (Slavske village, Skole district), the foothill (Stynava village of the Stryi district) and the forest-steppe (Myklashiv village, Pustomyty district) areas in the Carpathian region.

The selected samples of pollen from apple tree and dandelion pollen, tissues of the abdomen, chest and head of honey bees and freshly constructed honeycombs were used to determine the content of heavy metals, anionic fatty acids, unesterified fatty acids and esterified fatty acids. In the selected samples of natural polyfloric honey, the content of Iron, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, Lead and Cadmium was determined.

The main qualitative indices of natural polyfloric honey (diastase number and content of reducing sugars, proline and hydroxymethylfurfural) were determined by the current national standard of Ukraine 4497: 2005. The content of heavy metals in the investigated biological material was determined by an atomic absorption spectrophotometer (Selmi-115), and anionic fatty acids, unesterified fatty acids and esterified fatty acids - on a gas-liquid chromatography device (Chrom-5).

The received digital material was processed by the method of variation statistics using Student's criterion. The average arithmetic values (M) and errors of mean arithmetic ($\pm m$) were calculated. The differences were considered probable for $p < 0.05$. For calculations, the computer program Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA) was used.

The conducted research found that the pollen from the dandelion and apple tree obtained from the beehives located in the foothills and especially forest-steppe areas of the Carpathian region, in comparison with the mountainous, as a result of urbanization and industrialization of the territory, the content of Iron, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, Lead and Cadmium increases. At the same time, in the pollen basket, the content of anionic saturated fatty acids with a pair and odd number of Carbon atoms in the chain (capril, caprinic, lauric, myristic, pentadecanoic, palmitic and stearic), monounsaturated fatty acids of the families ω -7 and ω -9 (palmitoleic, olein and eicosanic) and polyunsaturated fatty acids of families ω -3 and ω -6 (linoleic and linolenic) content of unesterified decreases. At the same time, the pollen from the

dandelion and apple tree, taken from the beehives located in the foothills and especially the forest-steppe areas of the Carpathian region, in comparison with the mountainous, due to saturated fatty acids with a pair and odd number of Carbon atoms in the chain (capril, caprine, lauric, myristic, pentadecanoic, palmitic and stearic), monounsaturated fatty acids of families ω -7 and ω -9 are the content of esterified fatty acids.

It was recorded that in the tissues of the abdomen, chest and head of honey bees taken from the beehives located in the foothills and especially forest steppe areas of the Carpathian region, in comparison with the mountainous, in connection with the increase in the intensity of the technogenic load on the environment, the concentration of Iron, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, Lead and Cadmium increases. Simultaneously, in these tissues, acids from saturated fatty acids with a pair and odd number of Carbon atoms in the chain (capril, caprine, lauric, myristic, pentadecanoic, palmitic, stearic, and peanut), monounsaturated fatty acids of the families ω -7 and ω -9 (palmitoleic, oleinic and eicosanic) and polyunsaturated fatty acids of the families ω -3 and ω -6 (linoleic, linolenic, eicosadenic, eicosatrienic, eicosatetraenic-arachidonic, eicosapentaenoic, dacozydienic, docosauric, docosatetraene, docosapentaeno first and docosahexaenoic) the content of anionic fatty acids increases. At the same time, in the tissues of the abdomen, chest and head of honey bees taken from the beehives located in the foothills and especially forest-steppe areas of the Carpathian region, in comparison with the mountainous, due to saturated fatty acids with a pair and odd number of Carbon atoms in the chain (caprice, caprine, lauric, myristic, pentadecanoic, palmitic, stearic), monounsaturated fatty acids of families ω -7 and ω -9 (palmiotoleic, oleinic and eicosanic) and polyunsaturated fatty acids of families ω -3 and ω -6 (linoleic, linolenic, etc.) the concentration of fatty acids and esterified fatty acids decreases. However, in the specified tissues of bees in the composition of unesterified fatty acids and esterified fatty acids, the efficiency of the transformation of linoleic and linolenic acids in their longer-chain and more unsaturated derivatives decreases, which apparently negatively affects the provision of honey bees with energy and biologically active material.

It was found out that the concentration of phospholipids decreases in the tissues of the abdomen, chest and head of honey bees taken from the beehives located in the

foothills and especially the forest-steppe areas of the Carpathian region, as compared to the mountainous. At the same time, they increase the relative content of saturated fatty acids with a pair and odd number of Carbon atoms in the chain (capril, caprine, lauric, myrinic, pentadecanoic, palmitic, stearic) and monounsaturated fatty acids of the families ω -7 and ω -9 (palmitoleic, oleinic and eicosanic) and decreases – polyunsaturated fatty acids of families ω -3 and ω -6 (linoleic, linolenic, eicosadenic, eicosatriene, eicosatraene-arachidonic, eicosapentaenoic, dacozydienic, docosauric, docosatetraene, docosaenoic and docosahexaenoic), which may indicate deterioration of the body of honey bees with structural material.

It was recorded that in the freshly built honeycombs taken from the beehives located in the foothills and especially forest-steppe areas of the Carpathian region, in comparison with the mountainous, the content of Iron, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, Lead and Cadmium increases. However, in such honeycombs at the expense of saturated fatty acids with a pair and odd number of Carbon atoms in the chain (capril, caprine, lauric, myrinic, pentadecanoic, palmitic and stearic), monounsaturated fatty acids of families ω -7 and ω -9 (palmitoleic, oleic and eicosanic) and polyunsaturated fatty acids of the families ω -3 and ω -6 (linoleic and linolenic) the concentration of anionic fatty acids increases and the concentration of the unesterified fatty acids and esterified fatty acidsn decreases, which may indicate considerable reduction of the antibacterial and antifungal activity of the honeycombs and the increase of the fragility of their walls.

It was stated that the content of Iron, Zinc, Copper, Chromium, Nickel, Lead and Cadmium in natural polyfloric honey taken from the beehives located in different natural areas of the Carpathian region did not exceed the permissible norms of the current national standard. However, in natural polyfloric honey taken from the beehives located in the foothills and especially forest-steppe areas of the Carpathian region, in comparison with the mountainous, the content of these heavy metals is much higher. At the same time in the mentioned above honey the diastase number and the content of reducing sugars and proline decreases, but the concentration of hydroxymethylfurfural

increases. All these affect the biological value and qualitative indices of investigated honey.

It was stated that the best quality materials of heavy metals are beekeeping products in the mountainous area of the Carpathian region. To some extent, they are obtained in the foothills and to some extent in the forest steppe. Proceeding from this, in the foothill and especially in the forest-steppe areas, it is necessary to reduce emissions into the environment of those substances containing in the composition of the mentioned metals.

Ключові слова: природні зони, екологія, важкі метали, пилок, тканини медоносних бджіл, поліфлорні меди, жирні кислоти.

Key words: natural areas, environmental condition, heavy metals, pollen basket, honey bees' tissues, polyphlore honey, fatty acids.

LIST OF PUBLISHED PAPERS ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION

Articles published in the scientific professional editions

1. Y. F. Rivis, Y. V. Kovalskyi, I. I. Saranchuk, **O. Y. Klym** Qualitative indicators of natural polyphlore honey in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. Bulletin of agrarian science. Kyiv, 2018. № 7. p. 27-31. (*Post graduate student conducted experimental researches, statistically processed the received data, wrote an article*).

2. Y. F. Rivis, **O. Y. Klym**, Heavy metals, anionic and nonesterified fatty acids in the chest tissues of honeybees in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Biology of The National Academy of Agrarian sciences of Ukraine. Lviv, 2018. Issue 19, № 2. p. 23–29. (*Post graduate student conducted experimental researches, statistically processed the received data, wrote an article*).

3. Y. F. Rivis, **O. Y. Klym**, Heavy metals, anionic and nonesterified fatty acids in the chest tissues of honeybees in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. . Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Biology of The National Academy of Agrarian sciences of Ukraine. Lviv, 2018. Issue 19, № 1. p. 21–27. (*Post graduate student conducted experimental researches, statistically processed the received data, wrote an article*).

4. **O. Y. Klym**, Heavy metals and fatty acids in the dandelion pollen in different ecoregions of the Carpathians. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Biology of The National Academy of Agrarian sciences of Ukraine. Lviv, 2017. Issue 18, № 1. p. 53–63.

5. **O. Y. Klym**, Heavy metals and fatty acids in the apple tree pollen in different ecoregions of the Carpathians. Foothills and mountain farming and animal husbandry. Obroshyno village, 2017. Issue 61. p. 145–159.

6. **O. Y. Klym**, Heavy metals and fatty acids in the phospholipid tissues of the honey bees in different areas of the Carpathian region. Foothills and mountain farming and animal husbandry. Obroshyno village, 2017. Issue 62. p. 173–185.

Articles in the edition included in the international scientometric bases

7. **O. Y. Klym**, O. Stadnytska, Concentrations of heavy metals in polyphlore honey in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, Volume 18(3) 2019. S. 14-15

8. **O. Y. Klym**, O. Stadnytska, Heavy metals in the dandelion and apple tree pollen from the different terrestrial ecosystems of the Carpathian region. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2019. V. 18(3). S. 15–20

Others articles

9. **O. Y. Klym**, Heavy metals and esterified fatty acids in the honeycombs in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. Beekeeping of Ukraine. Kyiv, 2018. Issue. 3. p. 62–69.

10. **O. Y. Klym**, Heavy metals, anionic and nonesterified fatty acids in honeycombs in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. Materials of a scientific-practical conference with international participation "Beekeeping of Ukraine: history, present, ways of development", Kyiv, October, 5 2018. Kyiv, October, 5 2018. Kyiv, 2018. p. 18–19.

11. **O. Y. Klym**, The intensity of heavy metal accumulation in the polyphlore honey in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists "Actual Problems of Agroindustrial Production of Ukraine", Obroshyno village, November, 9 2017. Lviv-Obroshyno, 2017. p. 26–27.

12. **O. Y. Klym**, Contamination of beekeeping by heavy metals. Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists "Actual

Problems of Agroindustrial Production of Ukraine", Obroshyno village, November, 16 2016. Lviv-Obroshyno, 2016. p. 23–24.

13. N. O. Vynohrad, **O. Y. Klym**, Aspects of biosecurity in beekeeping. Materials of scientific-practical conference with international participation "Actual problems of epidemiology of infectious, parasitic and non-infectious diseases". Lviv, May 12–13 2016. Lviv, 2016. p. 257. (Post graduate student conducted experimental studies, statistically processed the data obtained, wrote theses).

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	20
Розділ 1. ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В ЗАХІДНІЙ УКРАЇНІ ТА ПИТАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛЬНИЦТВА (огляд літератури)	25
1.1. Біоекологічні особливості медоносних бджіл в екосистемах заходу України.....	25
1.2. Важкі метали в ланцюгу «грунт–рослина–медоносна бджола–продукти бджільництва».....	33
1.3. Особливості засвоєння, синтезу й обміну жирних кислот в організмі бджіл у зв’язку з різними екоумовами.....	43
Висновки до розділу 1	48
Список використаних джерел до розділу 1.....	49
Розділ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОБЕЗПЕКИ БДЖОЛЯРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	68
2.1. Фізико-географічні й екологічні умови регіону досліджень.....	68
2.2. Програма і схема досліджень.....	73
2.3. Методи досліджень	74
Висновки до розділу 2.....	77
Список використаних джерел до розділу 2.....	78
Розділ 3. ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ЖИРНИХ КИСЛОТ У ПИЛКУ КУЛЬБАБИ ЛІКАРСЬКОЇ ТА ЯБЛУНІ ДОМАШНЬОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХНЬОГО МІСЦЕОСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ.....	80
3.1. Вміст важких металів	80
3.2. Вміст аніонних, неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у пилку кульбаби лікарської.....	82

3.3. Вміст аніонних, неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у пилку яблуні домашньої.....	91
Висновки до розділу 3.....	100
Список використаних джерел до розділу 3.....	101
Розділ 4. КОНЦЕНТРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ, ВМІСТ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ФОСФОЛІПІДІВ В ОРГАНАХ БДЖІЛ	103
4.1. Концентрація важких металів у тканинах бджіл.....	103
4.2. Концентрація жирних кислот і жирнокислотний склад фосфоліпідів у тканинах органів медоносних бджіл	105
4.2.1. Жирні кислоти і фосфоліпіди у тканинах черевця.....	105
4.2.2. Жирні кислоти і фосфоліпіди у тканинах грудей.....	117
4.2.3. Жирні кислоти і фосфоліпіди у тканинах голови.....	129
Висновки до розділу 4.....	140
Список використаних джерел до розділу 4	142
Розділ 5. КОНЦЕНТРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ЖИРНИХ КИСЛОТ У СВІЖОПОБУДОВАНИХ БДЖОЛИНИХ СТІЛЬНИКАХ	144
5.1. Нагромадження важких металів у бджолиних стільниках.....	144
5.2. Вміст аніонних жирних кислот.....	146
5.3. Вміст неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках.....	148
Висновки до розділу 5.....	154
Список використаних джерел до розділу 5.....	154
Розділ 6. НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ НАТУРАЛЬНИХ МЕДІВ, ОТРИМАНИХ У РІЗНИХ ЕКОУМОВАХ	156
6.1. Просторова динаміка вмісту важких металів залежно від умов медозбору	156

6.2. Основні показники якості натуральних медів, отриманих у різних екоумовах.....	158
Висновки до розділу 6.....	161
Список використаних джерел до розділу 6.....	162
Розділ 7. АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКУ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ, ЖИРНОКИСЛОТНИМ МЕТАБОЛІЗМОМ ТА ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛЬНИЦТВА В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ.....	163
Висновки до розділу 7.....	182
Список використаних джерел до розділу 7.....	184
ВИСНОВКИ.....	185
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	188
ДОДАТКИ	189
Додаток А. Таблиці до розділу 2.....	190
Додаток Б. Таблиці до розділу 5	195
Акти виробничого впровадження.....	196

ВСТУП

Актуальність теми. Джерела емісії важких металів і шляхи їх поширення в компонентах навколишнього середовища є найрізноманітнішими, але в основному вони є техногенними, як наслідок урбанізації та індустріалізації. Розвиток промисловості, сільського господарства, енергетики й транспорту, інтенсивне видобування корисних копалин призвели до надходження у повітря, воду, ґрунт, рослини важких металів і рідкоземельних елементів [20, 25, 38, 89, 93].

За даними сучасних досліджень міграція ксенобіотиків, в тому числі важких металів, в екомережах і нагромадження в компонентах природного середовища призвела до збільшення їх концентрації у ґрунтах, рослинах [19, 30, 38, 94, 149, 155, 168], тканинах медоносних бджіл і продукції бджільництва [88, 89, 232]. Глибока антропогенна трансформація природного довкілля, зміни клімату, феноритміки у фітосистемах (змістилися період, послідовність і тривалість цвітіння) призвели до погіршення умов медозбору [20, 67, 178, 232].

Важкі метали різними шляхами впливають на обмінні процеси жирних кислот в організмі медоносних бджіл [3, 26, 38]. Зокрема, важкі метали, насамперед двовалентні, впливають на інтенсивність елонгації, десатурації та пероксидне окиснення жирних кислот у тканинах комах [3, 33, 43, 58]. Від важких металів залежить кількість жирних кислот, які знаходяться у тканинах бджіл в аніонній, неестерифікованій і естирфікованій формах та визначають біотичну цінність продукції бджільництва [9, 38, 138]. Змінюється забезпеченість організму бджіл енергетичним, структурним і біоактивним матеріалом. Це позначається на життєдіяльності медоносних бджіл і продуктивності бджолиних сімей [9, 43, 89, 113].

З огляду на наведене вище науково-практичний інтерес становить дослідження вмісту важких металів і жирних кислот у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл, бджолиних стільниках, а також важких металів у

натуральних поліфлорних медах, залежно від екоумов у різних природних зонах заходу України, якого тут до тепер не проводили.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є частиною наукової тематики Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН та науково-технічної програми НААН “Вплив аліментарних факторів на фізіолого-біохімічні та продуктивні показники медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.)”, номер держреєстрації 0116U004270, де автор вивчав вміст важких металів, аніонних, неестерифікованих і естерифікованих жирних кислот у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл і бджолиних стільниках та концентрацію важких металів у натуральних поліфлорних медах.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи – встановити концентрації важких металів у пилку медоносів та вплив їх нагромадження у бджолиному обніжжі, тканинах бджіл, стільниках на інтенсивність утворення жирних кислот та якість натуральних поліфлорних медів.

У завдання дисертаційної роботи входило:

– проаналізувати наукову інформацію про вплив техногенних важких металів на компоненти природних екосистем заходу України та проблеми, що виникають у цьому зв'язку у бджільництві, питання якості продукції в умовах техногенезу, вивчити сучасні методики дослідження проблеми;

– дослідити вміст важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах заходу України;

– встановити концентрацію важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот, естерифікованих жирних кислот і жирнокислотний склад фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах заходу України;

– дослідити рівень вмісту важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах заходу України;

– встановити вплив вмісту важких металів на основні якісні показники натуральних поліфлорних медів, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах заходу України.

Об'єкт дослідження – процес нагромадження важких металів в мікропопуляційних бджолиних екосистемах заходу України та його вплив на якість поліфлорних медів.

Предмет дослідження – закономірності зміни мінерального та жирнокислотного складу рослинного пилку, бджолиного обніжжя, тканин медоносних бджіл і стільників (язиків), а також мінеральний склад натуральних поліфлорних медів, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах заходу України.

Методи дослідження – екологічні, біохімічні (спектрофотометричні, газохроматографічні, спектрографічні), статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні наукові положення дисертаційних досліджень, що визначають новизну одержаних результатів, полягають у тому, що *вперше*:

– встановлено, що збільшення вмісту важких металів (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb і Cd) у пилку *Taraxacum officinale* Wigg. та *Malus domestica* (Borkh.) Borkh.), отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з вуликами гірської мікропопуляційної екосистеми на Заході України, а також зростання вмісту аніонних жирних кислот і зменшення при цьому вмісту естерифікованих жирних кислот знижує загальну енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболичну, а отже екобезпеку та загальну біотичну цінність пилку місцевих медоносів для організму бджіл.

– з'ясовано, що в тканинах тіла бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірської мікропопуляцією на Заході України, зростає

вміст важких металів (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb і Cd), аніонних жирних кислот, натомість зменшується концентрація неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот і фосфоліпідів, що негативно впливає на забезпечення організму медоносних комах енергетичними і біоактивними метаболітами, структурними пластичними речовинами;

– досліджено, що у свіжопобудованих стільниках передгірної та лісостепової мікропопуляцій бджіл, порівняно з гірської мікропопуляцією на Заході України, зростає вміст важких металів (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb і Cd), збільшується концентрація аніонних жирних кислот і зменшується кількість неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот, що істотно знижує антибактеріальні й антигрибкові властивості стільників і, водночас, підвищує крихкість їхніх стінок;

– встановлено збільшення рівнів акумуляції важких металів (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni і Pb) у меді бджіл у напрямку від гірської, передгірної до лісостепової зони, але найвагомніше збільшувалася акумуляція Купруму і Плюмбуму – у 4,0 разу, хрому – у 3,8 разу. Проте, всі перевищення не вийшли за межі допустимих норм чинного вітчизняного стандарту, хоча найбільш екобезпечний і найвищої якості мед можна отримати з гірськокарпатських пасік.

Практичне значення одержаних результатів. Рекомендації за висновками дисертації впроваджені у виробництво в фермерському господарстві «Зоря» (с. Стрілків, Стрийського району на Львівщині), що сприяло розміщенню бджолиних пасік на чистих територіях та забезпечило отримання бджолиної продукції найвищої якості. Показники екобезпеки бджолиної продукції використовують для моніторингу якості медів, отриманих з пасік Львівської області.

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес кафедри екології та біології Львівського національного аграрного університету, кафедри технології виробництва продукції дрібних тварин Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького для підготовки фахівців за спеціальністю «Технології виробництва і переробки продукції тваринництва». Результати впровадження підтверджені відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Здобувач самостійно проаналізував науково-технічну літературу, виконав експериментальну частину роботи, статистично опрацював результати досліджень, підготував статті до опублікування та написав дисертаційну роботу. Разом з науковим керівником проаналізував результати експериментальних досліджень, сформулював висновки та пропозиції виробництву.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи оприлюднені на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях: “Актуальні проблеми агропромислового виробництва України” (Львів, 2016); “Актуальні проблеми епідеміології інфекційних, паразитарних і неінфекційних захворювань” (Львів, 2016); “Актуальні проблеми агропромислового виробництва України” (Львів, 2017); “Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем тваринництва та ветеринарної медицини” (Львів, 2017); “Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини” (Львів, 2018); “Бджільництво України: історія, шляхи розвитку” (Київ, 2018).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи й отримані результати досліджень висвітлені в 13 наукових працях, із них 9 статей у фахових виданнях і 4 тези у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 197, основна частина – 152 сторінки. Робота містить 29 таблиць та 8 рисунків. Список використаних джерел налічує 265 найменувань, з них 139 латиницею.

Розділ 1

ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В ЗАХІДНІЙ УКРАЇНІ ТА ПИТАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛЬНИЦТВА (огляд літератури)

1.1. Біоекологічні особливості медоносних бджіл в екосистемах заходу України

Медоносні бджоли живуть великими колоніями-сім'ями. Нормальна сім'я бджіл складається з однієї розвиненої плідної самиці матки й великої кількості недорозвинених самиць – робочих бджіл. Сім'ї бджіл живуть у так званих гніздах, що складаються з окремих стільників, збудованих робочими бджолами. У комірці стільників бджоли кладуть свої кормові запаси – мед і пергу, а також виводять нові покоління всіх особин бджолої сім'ї. У середній сім'ї влітку і наприкінці медозбору проживає 35–40 тисяч робочих бджіл, восени – 20–27 тис., взимку – 10–15 тис., навесні – 8–13 тисяч [10, 16, 37, 173, 190].

Робочі бджоли виконують у вулику різні роботи: виховують нові покоління всіх особин сім'ї, збирають запаси корму, приносять воду, виділяють віск на побудову гнізда, захищають його від ворогів і нападів бджіл з інших родин, чистять комірці в стільниках, усе гніздо й вулик, вентилують його, підтримують потрібну температуру, заліплюють клеєм (прополісом) щілини у вулику тощо [16, 37, 52, 75, 177]. Живуть робочі бджоли залежно від інтенсивності їхньої праці – 35–40 днів. Бджоли, які народилися у другій половині літа, живуть довше, перезимовують, але всі гинуть у першій половині весни. Народжені весною особини до осені не доживають [10, 16, 83, 160].

Ззовні все тіло бджоли вкрите твердим панциром – скелетом, утвореним з особливої речовини – хітину [10, 37, 43, 84]. Твердий хітиновий панцир захищає від ушкоджень її внутрішні органи.

Тіло бджоли має виразну будову: голову, груди й черевце, які рухомо з'єднані між собою. З обох боків голови є пара складних очей, а на тім'ї – троє

простих очей. Знизу на голові – вусики й хоботок [83, 100]. Голова – суцільна тверда хітинова коробка з ротовим і потиличним отворами та жалом. Твердість цієї коробки дозволяє бджолам, діючи головою, як ступою, утрамбовувати пилок у комірках з метою отримання перги. Груді бджіл утворені трьома члениками і складаються з передньо-, середньо- і задньогрудей. Передні груди рухомою тоненькою плівкою сполучаються з головою, а ззаду – зі з'єднаними в одне члениками грудей. Коробка з'єднаних середньо- і задньогрудей складається з верхньої і нижньої частин, на межі яких прикріплені крила. Знизу від кожного членика грудей відходить пара ніжок [10, 65]. Черевце бджіл у трутня складається з 7, а в матки та робочої бджоли – з 6 члеників, кожен з яких має верхнє і нижнє півкільця. Перший членик черевця спереду звужується у так звану стеблинку, яка з'єднує черевце з грудьми. Решта члеників черевця рухомо з'єднується між собою на зразок черепиці за допомогою тонкої хітинової плівки. Нижні півкільця 3, 4, 5 і 6 сегментів черевця робочої бджоли мають на собі воскові дзеркальця. Сьомий членик черевця в робочих бджіл і матки перетворений на жало.

У робочих бджіл на задніх ніжках із зовнішнього боку гомілки є заглибина – так званий кошичок на пилок, із внутрішнього боку лапки- щіточки, щоб знімати з лапок пилок, між гомілкою і першим члеником лапки-щипчики для формування обніжжя. Грудна порожнина всередині заповнена міцною мускулатурою, яка рухає крилами й ніжками [10, 37, 43, 83].

Бджоли медоносні – це комахи з вузькоспеціалізованим живленням. Під час цвітіння рослин вони збирають нектар і пилок, які є основними продуктами їх корму [65, 100]. Бджоли-збирачки працюють щоденно при теплій погоді та коли цвітуть медоносні рослини [10, 84]. Достатньо одній бджолі-розвідниці знайти джерело взятку: нектар чи будь-яку іншу поживу, вона кілька разів покружляє навколо, щоб запам'ятати місце, і повертається у вулик. При цьому вибирає найбільше скупчення бджіл, проводить серед них особливого вигляду рухи “танці”, які є дуже цікавим елементом їх поведінки: одні бджоли сповіщають інших про відстань, напрямок та місце збирання корму [37, 190].

Надзвичайно розвинені в комах органи нюху, які зосереджені на вусиках, де знаходиться кілька сотень чутливих нюхових клітин. Бджоли сприймають запах рослинних квіток і нектару на значній відстані і дозволяють розрізняти аромати при дуже сильному їх розведенні [16, 90, 190]. Вони розшукують джерела взятку, головним чином, за їх запахом. Гострота нюху дозволяє під час вильоту легко орієнтуватися на певний вид рослин серед багатьох різних запахів квіток. Особливо добре бджоли сприймають аромати нектару, пилку, меду, воску та феромонів матки, бо вони мають для них біологічне значення [10, 34, 75, 76, 144, 152].

Слід відмітити, що серед речовин, які приваблюють бджіл-розвідниць та бджіл-збирачок до медоносних рослин, є також жирні кислоти з різною довжиною та будовою вуглецевого ланцюга [90, 189, 191]. Шукаючи та збираючи нектар і пилок, бджола здійснює польоти, напрямок, відстань та тривалість яких різні й залежать від багатьох факторів [167, 202].

Більшість із бджіл долають відстань 800–1500 м від пасіки і рухаються в південно-західному, західному і північно-західному напрямках [90, 191]. Проте головним залишається північно-східний напрямок. Бджоли намагаються брати нектар поблизу пасіки, на відстані до 1 км, хоча окремі з них можуть летіти відстань до 3–4 км від пасіки [65, 84, 90].

Середня відстань, яку бджоли-збирачки пролітають за харчовим кормом, становить 280 м. Тривалість збору корму коливається від 15 до 103 хвилин [16, 191]. У залежності від рівня медозбору й відстані від джерела до вулика тривалість польоту становить 10–60 хвилин при зборі нектару, а пилку – 6–30 хв. Середній радіус польоту бджоли за нектаром складає в основному 700–800 м від пасіки, а за пилком – в 2 рази менший. Бджола-збирачка приносить у вулик одночасно дві грудочки обніжжя, маса якого коливається у межах 8–15 мг. Для того, щоб зібрати 1 кг обніжжя, комаха повинна зробити не менш як 50 тис. вильотів. За один день бджола робить в середньому 8–14 вильотів і приносить близько 200 мг пилку [5, 143]. Швидкість збирання обніжжя та тривалість наповнення кошичків залежить від властивостей пилку [9, 12, 14, 49, 158].

Бджолина сім'я приносить у вулик до 1 кг обніжжя в день, а за весь сезон – до 30 кг. У кожную комірку бджоли складають у середньому до 18 грудочок обніжжя загальною масою 140–180 мг. Перероблений в комірках стільників пилок утворює пергу, яка для бджіл є джерелом білків і жирів. За сезон бджоли збирають до 20 і більше кілограмів пилку на бджолосім'ю. Особливо багато потрібно перги бджолам у період вигодовування личинок і посиленого восковиділення (кінець весни, перша половина літа).

Бджоли-збирачки не однаково активно відвідують квітки різних рослин, надаючи перевагу одним видам і майже не звертають уваги на інші [42, 74]. Домінуючими рослинами в процесі збирання бджолами пилку є верба, яблуня, кульбаба лікарська, конюшина червона та біла, гірчиця, ріпак, фацелія, гіркокаштан [5, 12, 14, 42, 49, 129].

Нектар – це розчин рослинних цукрів, концентрація яких у продукті коливається від 20 до 60% і залежить від виду рослини та стану погоди. До складу нектару, крім цукрів, входять у дуже малих кількостях органічні та неорганічні кислоти, азотовмісні та мінеральні речовини [21, 35, 44, 66, 71, 90, 185].

Від виду рослини залежить хімічний склад квіткового пилку [74, 201, 202], який у середньому містить у собі 20–25% білка та небілкових азотовмісних сполук, 13–35% цукрів (сахарози, глюкози і т. д.), 1–25% крохмалю, 3–20% клітковини, 2–14% сирого жиру, 1–6% золи та 20–30% води та велику кількість жиророзчинних і, особливо, водорозчинних вітамінів [14, 114, 131, 163].

Багато науковців вивчали хімічний склад пилку. Найновіші дослідження вчених свідчать про великі коливання вмісту білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин у пилку, які залежать від виду рослини, географічної зони, метеорологічних умов, стадії вегетації, а також від екологічного стану навколишнього середовища [12, 15, 17, 48, 57, 129].

Нектар і пилок належать до продуктів, які швидко псуються. Бджолині сім'ї переробляють їх у мед і пергу, які здатні тривалий час зберігатися, не втрачаючи при цьому своїх смакових та поживних властивостей [21, 42, 48, 70, 198]. Бджоли-збирачки приносять нектар і через хоботок передають бджолам-приймачкам, які

поміщають його в комірки стільників. Одна бджола-збирачка віддає принесений нектар трьом-п'ятьом бджолам-приймачкам і відразу ж вилітає за черговою порцією. Під час щедрого медозбору бджола-збиральниця віддає нектар уже 10–12 бджолам-приймачкам [10, 74].

Сахароза, яка міститься в нектарі, погано засвоюється організмом бджоли [36, 71, 183]. Тому бджоли-приймачки в хоботку примішують до нектару ензимноактивний секрет глоткової залози. Розщеплений на глюкозу та фруктозу цукор краще засвоюється організмом бджоли. Саме ензим інвертаза секрету глоткової залози здійснює перетворення сахарози в глюкозу та фруктозу [70, 141, 171].

Нектар має у своєму складі невеликий вміст органічних і неорганічних кислот [7, 17, 35, 72]. Тому вони не можуть створити високу кислотність, яка є характерною для меду (рН 4,1). Необхідної кислотності мед досягає в процесі переробки нектару. Секрет глоткової залози бджоли має глюкозооксидазу, яка перетворює частину глюкози в глюконову кислоту [1, 204]. Додатковим і дуже сильним засобом консервації меду є надання йому кислої реакції.

Бджолиний мед – це продукт переробки бджолами нектару рослин або паді з участю ензимів, які виробляють її слинні залози. Перетворення нектару в мед пов'язане зі складними фізіологічними та фізико-хімічними процесами, внаслідок яких формується натуральний продукт, що характеризується наявністю основних поживних компонентів, а також різноманітних біологічно активних речовин та хімічних елементів, у т. ч. й шкідливих чи токсичних [1, 35, 36, 70, 86, 90, 185]. Мед – цінний харчовий та лікувальний продукт, до складу якого входять вуглеводи, ензими, мінеральні речовини, білки, вітаміни, амінокислоти та деякі гормоноподібні речовини [1, 31, 66, 137, 183]. У меді сконцентровані цукри, які легко засвоюються, у невеликих кількостях містяться всі зольні елементи відповідно до наявності їх у медоносах, а також ензими, вітаміни, ароматичні й азотисті сполуки та інші біологічно активні компоненти. Відомо, що в меді містяться такі ензими, як інвертаза, діастаза, каталаза, оксидаза, пероксидаза, протеаза та деякі інші, яким належить важлива роль у формуванні та дозріванні

меду, а також у всіх процесах життєдіяльності організму бджіл, у т. ч. і дезінтоксикаційних [31, 35, 66, 70, 90, 137, 180].

У процесах обміну з участю ензимів важливе значення для організму бджіл мають мінеральні елементи. Мікро- і макроелементи та інші мінеральні речовини, які виявляються в організмі бджіл навіть у незначних концентраціях (Se, Cr, Ni), мають винятково важливу біологічну роль [17, 34, 38, 109, 113, 168]. Ці елементи, завдяки взаємодії з рядом ензимів, вітамінів і гормонів в організмі людини і тварин, впливають на збудливість нервових тканин та нервової системи в цілому, на тканинне дихання, процеси метаболізму тощо. Мед різноманітного походження відрізняється характерним вмістом окремих речовин, в т. ч. мінеральних елементів, які мають фізіологічне значення як для організму бджіл, так і для людини [35, 36, 168, 169, 183, 209].

У зв'язку з дією чинників довкілля на обмін речовин в організмі бджіл у їх тканинах та органах змінюється вміст таких біологічно важливих мікроелементів як Купрум, Манган, Кобальт, Цинк тощо [36, 44, 186, 209]. Споживання бджолами мінеральних елементів з пишком рослин і питною водою та вміст їх у нектарі зумовлює трансформацію згадуваних мікроелементів у продукцію, особливо в мед, що має важливе індикаторно-екологічне значення [7, 15, 33, 86, 188]. Якісні показники продукції медозбору в різних місцевостях і кліматичних зонах відрізняються залежно від виду й безпечності медозбірних угідь, погодних умов (температури повітря, кількості опадів), а також інших факторів, у тому числі негативних, зокрема, екологічного стану довкілля, які прямо чи опосередковано впливають на виробництво продукції бджільництва [17, 19, 23, 31, 34, 62, 93, 109, 118]. Відомо, що тверді, газоподібні та рідкі компоненти повітря, які можуть бути шкідливими чи токсичними для бджіл, потрапляють у верхні шари відкритих водойм річок, струмків, ґрунтів, а також на рослини та відображають атмосферний вплив природи на біологічні системи цієї території чи ділянки. Екологи різних країн встановили, що все це різноманіття органічних і мінеральних речовин є й у бджолиних вуликах та бджолопродукції, яка виробляється на цій же території [15, 19, 31, 138, 144, 147, 155, 168].

Очистка нектару від пилку запобігає кристалізації його зимових кормових запасів [68, 71, 127]. Процес очистки нектару від пилку у бджіл здійснюється за допомогою клапану, який з'єднує медовий зобик з середньою кишкою. Внаслідок безперервної роботи клапану частина нектару проходить у середню кишку та використовується на живлення бджоли [43, 127, 130, 163]. Таким чином, клапан виконує ще й функцію регулятора живлення бджоли.

Мед з великою кількістю пилку для зимівлі бджіл непридатний, тому що поживні речовини пилкових зерен, які нагромаджуються у прямій кишці бджіл за пониженої температури в гнізді погано засвоюється в травному каналі комах [71, 163]. Як відомо, бджоли взимку калу не виділяють, а звільняються від нього лише навесні. Максимальне навантаження прямої кишки бджіл каловими масами становить 46,3% живої маси. При зростанні калового навантаження у бджіл виникає пронос [9, 65, 69, 108, 123].

У задній кишці медоносних бджіл наявна каталаза, яку виділяють ректальні залози [65, 123]. Активність каталази пов'язана з рівнем наповнення задньої кишки калом і розглядається як пристосування, яке оберігає організм бджоли від шкідливого впливу речовин, що утворюються при тривалому перебуванні екскрементів у задній кишці [71, 157]. Насамперед, до шкідливих речовин калових мас належить перекис водню.

При споживанні бджолами квіткового меду та цукрового сиропу спостерігається найбільш висока активність каталази у задній кишці [69, 202]. У комах, які живляться тільки цукровим сиропом, каталаза активніша протягом усього зимового періоду. При цьому маса екскрементів менша, ніж у бджіл, які споживають мед. У бджіл, які зимують на цукровому сиропі, розвивається більша кількість мікроорганізмів [9, 65, 191].

Пилкові зерна входять до складу пилку [5, 129]. У вулик бджоли приносять пилки за допомогою спеціального пристосування, що має вигляд кошичків і щіточок на задніх лапках. Бджоли в процесі збору обробляють зібрану масу пилку виділеннями залоз і медового зобику, що сприяє формуванню обніжжя (грудочок склеєних зерен). На середніх ніжках бджіл розміщені шпори, які допомагають

скидати обніжку в комірку [29, 49, 137]. Далі інші бджоли розжовують пилок мандибулами. Коли проходить процес розжовування пилку, до нього примішуються нектар, мед і секрети мандибулярних залоз. Бджоли, отриману таким чином пилкову масу, розміщують тонким шаром по всьому периметру комірки, а після чого ретельно утрамбовують голівками. Таким чином до отриманої пилкової маси сильно зменшується доступ кисню повітря [5, 137, 200, 202].

Складним мікробіологічним процесом є перетворення пилку в пергу. Ензими нектару, меду, виділення мандибулярних залоз бджіл та цілий ряд мікроорганізмів беруть активну участь у даному процесі [27, 42, 66, 107]. За рахунок цукрів у комірці розвиваються молочнокислі бактерії. Вони виробляють молочну кислоту, яка запобігає можливому розвитку гнільних бактерій. Отриманий внаслідок молочнокислого бродіння квітковий пилок, перероблений на пергу, може зберігатися впродовж тривалого часу та витратитися бджолиною сім'єю до початку весни наступного року [49, 107, 115, 143, 198].

За зовнішнім виглядом, хімічним складом і властивостями перга відрізняється від пилку та містить більше цукру [66, 105, 198]. Це є наслідком того, що перед зброджуванням бджоли до пилкової маси примішують нектар і мед. Перга засвоюється організмом бджіл краще ніж сам пилок [27, 107, 208]. Проте, бджоли віддають перевагу свіжопринесеному пилку. Якщо його немає в гнізді, комахи споживають пергу, складену в комірки [49, 143].

Під час проходження корму через травний канал у бджіл відбувається перетравлення та засвоєння поживних речовин [9, 29]. Цей процес починається з ротової порожнини та закінчується у товстому відділі кишечника. Діяльність залоз і тканин, які виробляють ензими, пов'язана у бджіл із травленням, а головних, грудних і підглоткових залоз – з приготуванням корму до перетравлення [69, 105].

Процеси перетравлення та всмоктування поживних речовин відбуваються у середньому відділі бджолиного кишечника, який асоціюється зі шлунком [35, 127]. Ензими, що виділяються в ньому, змішуються з кормом, розщеплюючи при

цьому складні речовини на прості. Діючі у середньому відділі кишечника ензими: протеаза впливає на білки; амілаза розкладає крохмаль; інвертаза розщеплює сахарозу; ліпаза розкладає жири [8, 26, 157]. Прості речовини, утворені в процесі травлення, мають здатність проникати крізь стінку кишок [47, 157].

Робочі бджоли виробляють віск спеціальними залозами, які розміщені в нижній частині черевця на чотирьох останніх стернітах [16, 56, 63, 180]. Для отримання воску бджоли використовують довголанцюгові насичені жирні кислоти, переважно пальмітинову й стеаринову, високоатомні спирти, в основному цетиловий, цериловий, монтановий та мірициловий [56, 121, 169, 180, 203].

Віск виробляється у вигляді краплин [16, 63, 134, 190], які виділяються крізь дрібні отвори на поверхню черевця (воскові дзеркальця) бджіл. Лише після цього краплини тверднуть та формуються у воскові пластинки. Їх бджола почергово знімає щіточками ніг та подає до ротового апарату, де вони обробляються виділеннями верхньощелепних (мандибулярних) залоз. Такі пластинки воску придатні для побудови бджолиних комірок [56, 180], які використовуються для вирощування приплоду, складання меду та перги [16, 203].

Бджоли відносяться до основних запилювачів ентомофільних культур. Їх роль у природних екосистемах полягає в тому, що вони забезпечують запилення біля 80% всього обсягу медоносних рослин. За рахунок правильного запилення врожайність соняшника та гречки можна підвищити на 40%, баштанних культур – на 60%, плодових дерев – на 65% [10, 16, 84]. Крім основної продукції бджільництва (мед, віск, прополіс, бджолина отрута, пилок, маточне молочко, гомогенат трутневих личинок), комахи беруть участь у запиленні ентомофільних культур. Впродовж одного дня бджола відвідує 7–8 тис. квіток [51, 65, 76, 199].

1.2. Важкі метали в ланцюгу «грунт–рослина–медоносна бджола–продукти бджільництва»

Антропогенний вплив на біосферу може бути катастрофічним, якщо техногенез вийде за межі її витривалості й порушаться механізми її функцій [4, 8].

У докiлля щорiчно потрапляє у формi твердих вiдходiв промисловостi 20–30 млрд. тон рiзних речовин, iз них 50% – органiчних [4, 8, 32].

Iз твердими вiдходами на поверхню ґрунтiв надходять полютанти природного середовища. В Україні за рiк викидається в атмосферу близько 16 млн. тон токсичних речовин, найшкiдливiшими з яких є важкi метали, тому забруднення ними носить локальний характер. Найбiльш бруднi територiї зустрiчаються поблизу джерел забруднення: промислових центрiв, потужних виробництв i транспортних маґистралей [38, 51, 62, 72].

Важкi метали мають мутагенну i канцерогенну дiю, викликають отруєння (нерiдко з летальним результатом) та порушення рiзних фiзiолоґiчних функцiй органiзму. Встановлено, що важкi метали мiгрують у бiосферi, вiльно перемiщуються по трофiчному ланцюжку: “ґрунт – рослина – бджоли – продукти бджiльництва – людина” [62, 206]. Основним природним джерелом надходження важких металiв у ґрунт i рослини є ґрунтоутворюючi породи. Останнiм часом на цей процес впливає техногенна дiяльнiсть людини, змiни навколишнього середовища, забруднення його промисловими вiдходами (Плюмбум, Арсен, Сульфур, Флуор i т.д.). При значному вмістi їх у ґрунті вони накопичуються в рослинах у надлишковiй кiлькостi й передаються по трофiчному ланцюгу бджолам, а далi, через продукти бджiльництва, потрапляють до споживача, викликаючи хронiчнi отруєння й iншi серйознi захворювання [17, 38, 41, 54, 103].

Медоносна бджола – унiкальний iндикатор забруднення навколишнього середовища [111, 119, 122, 188]. Це пов'язане з тим, що впродовж одного дня вона облiтає територiю площею 12 км² навколо пасiки. Добiр проб бджiл i їхнiх продуктiв не викликає труднощiв i не наносить збитку популяцiї. Вивчення бджiл як бiоiндикатора забруднювачiв навколишнього середовища й аналiз трофiчного ланцюга “ґрунт – рослина – продукти бджiльництва” дозволяє оцiнити якiсть i безпеку цих продуктiв [17, 40, 67, 122]. Автотранспорт – це також джерело забруднення атмосфери важкими металами. Нерiдко пасiчники розташовують вулики поблизу автомаґистралей, забезпечуючи гарнi пiд'їзднi колiї. Вони не враховують, що пришляховi екологiчнi системи-бiотопи активно забруднюються

важкими металами, що потрапляють туди з вихлопних газів, які утворюються при роботі двигунів внутрішнього згоряння [30, 147].

В атмосферу внаслідок антропогенних процесів проникають викиди важких металів [40, 122], значна кількість їх надходить в дрібнодисперсній формі. Більш або менш токсичні сполуки важких металів можуть утворюватися в атмосфері через хімічні процеси [17, 119]. На навколишнє середовище впливає поведінка важких металів в атмосфері [21, 30].

Наявні в атмосфері важкі метали та їх сполуки, розчиняючись у воді, мають важливу роль з екологічної точки зору [30]: вони здатні вільно проникати в ґрунт, включатися в міграційні процеси [32], засвоюватися рослинами та живими організмами [32, 38]. Залежно від природи конкретного елемента складається відношення розчинних і нерозчинних форм важких металів в атмосфері [40, 50]. Зокрема, підприємства кольорової металургії, здійснюючи викиди, сприяють надходженню в атмосферу важких металів практично в нерозчинних формах [54, 62, 147]. До декількох десятків відсотків складає частка водорозчинних форм при спалюванні вугілля [23, 206].

В останні роки внаслідок інтенсивного антропогенного впливу помітно змінився вміст важких металів у підземних водах [38], які, порівняно з поверхневими, є більш захищеними від забруднення. У них знайдені Кадмій, Плюмбум, Хром, Меркурій, Купрум, Цинк і т. д. [53, 62]. Концентрація важких металів у поверхневих і підземних водах залежить також від рівня атмосферних опадів, типу ґрунту та виду флори [17, 20, 30, 67, 103, 155].

Ґрунти, накопичуючи або нейтралізуючи токсиканти, стійкі до хімічного забруднення, яке є результатом не лише надходження шкідливих речовин, а й здатності до самоочищення [20, 103]. У розвинених країнах завдяки заходам, спрямованим на зменшення техногенного впливу, цей тип забруднень відійшов на другий план, поступившись першим місцем радіаційному забрудненню [72].

В Україні небезпека хімічного забруднення навколишнього середовища залишається на першому місці. Гострою є проблема автотранспорту як головного джерела викидів Плюмбуму [119, 210]. Даний елемент є токсикантом, що

викликає отруєння навіть за малих концентрацій. Часто відмічають різну концентрацію важких металів у вегетативних органах рослин, пов'язаних із видоспецифічністю метаболізму рослин і з властивостями самих важких металів.

Ґрунти, які містять природну концентрацію важких металів, не мають негативного впливу на нормальне функціонування екосистеми [20, 80]. За природної концентрації важкі метали в ґрунті міцно зв'язані з його складовими частинами та важкодоступні для рослин [30, 103]. Якщо умови навколишнього середовища дозволяють важким металам перейти в ґрунтовий розчин, з'являється небезпека забруднення ґрунту та рослин [20, 155].

Дуже небезпечними є важкі метали: вони мають здатність нагромаджуватися в ґрунті, утворюючи при цьому високотоксичні металовмісні сполуки. Ґрунт може не тільки нагромаджувати забруднення металами, а й природним шляхом переносити їх в атмосферу, гідросферу та живу матерію [2, 138], зокрема, у флору [17, 110].

При тривалій дії джерел забруднення відбувається значне збільшення валового вмісту мікроелементів у ґрунтах. Останні накопичують забруднення, водночас нейтралізуючи дію токсикантів завдяки складним адсорбційним процесам. Нагромадження важких металів у ґрунті й рослинах – один із показників забруднення атмосфери [22, 138].

Від рівня вмісту в ґрунті важких металів залежить їх кількість у рослинах, і, як правило, якість продукції. Між ними існує прямий, хоча і непропорційний зв'язок: чим вища концентрація металів у ґрунті, тим більше їх у рослинах [20, 23]. Проте важкі метали в певних кількостях необхідні для протікання біохімічних і фізіологічних процесів у рослинах. При нестачі цих металів порушується ріст і розвиток рослин, виникають різні хвороби та аномалії. Але при високих концентраціях у навколишньому середовищі даних хімічних елементів у рослинах теж спостерігаються різні порушення росту та розвитку, викликані отруєнням металами. Рослини, як і всі живі організми, можуть протидіяти підвищенню концентрації важких металів лише до певної межі. Подальше підвищення концентрації спричиняє пригнічення та загибель живих організмів. Збільшення

вмісту даних елементів у верхніх шарах ґрунту збіднює видовий склад рослин і мікроорганізмів, погіршує умови росту та розвитку культурних рослин [21, 30].

Коренева система рослин може поглинати іони важких металів неметаболічним і метаболічними шляхами [17, 155]. При неметаболічному поглинанні відбувається проста дифузія іонів із ґрунту в корінь, а при метаболічному – необхідні затрати енергії самої рослини [30, 138]. На інтенсивність переходу важких металів із ґрунту у вегетативні частини рослини впливають основні фактори – агрохімічні властивості ґрунтів і біологічні особливості рослин [2, 19].

Деякі метали є життєво необхідними для рослин (Калій, Натрій, Кальцій, Магній, Цинк, Купрум, Ферум, Манган), інші (Нікол, Літій, Алюміній, Ванадій) потрібні тільки деяким видам рослин [30, 155]. Іони беруть участь в ключових метаболічних процесах: дихання, фотосинтез, фіксація азоту, асиміляція сірки, синтез білка, ліпідів і вуглеводів [34, 38].

Важкі метали, надходячи з ґрунту в рослини, нерівномірно розподіляються в їх органах і тканинах [2, 18]. Часто коренева система рослин містить більше Цинку порівняно з надземною. Зі зростанням віку рослини збільшується нагромадження Цинку в листочках. Листові овочі містять більше Цинку, ніж ті рослини, які утворюють плоди та коренеплоди [34].

Найбільший вміст Плюмбуму має коренева система: основним джерелом важких металів є ґрунт, найменша концентрація зустрічається у стеблах рослин. Максимальну кількість Плюмбуму виявлено у кореневій системі кульбаби звичайної та полину звичайного. Листкова поверхня інтенсивніше забруднена у кульбаби звичайної. Щодо забрудненості генеративних органів, то найбільший вміст Плюмбуму мають суцвіття *Artemisia vulgaris* L. (1,2), *Achillea millefolium* L. (1,1), *Artemisia absinthium* L. (1,0) та *Daucus carota* L. (1,0). Найменш забруднені Плюмбумом суцвіття *Taraxacum officinale* L. [17, 202].

Концентрація Pb^{2+} у ґрунті вуличних деревних насаджень залежно від їх розташування вздовж автотраси коливалася від 41,7 до 80,5 мг/кг, що становило для клена 20,9–40,2 ГДК, для липи 30,6 ГДК. Найвищий рівень забруднення Pb^{2+}

виявлено в корінні клена – від 30,5 до 102,5 ГДК залежно від виду, у корі дерева концентрація Pb^{2+} становила 18,8–38,7 ГДК. Високі токсичні дози Pb^{2+} накопичувалися в листках клена – 15,6-27,0 ГДК, що є перевищенням допустимих норм. У листках липи забруднення Pb^{2+} становило 7,0 ГДК, а в корі зростало більш, ніж удвічі – 17,2 ГДК [141, 168, 171].

Забруднення Cd^{2+} ґрунту в зоні кореневої системи різних видів клена було на рівні допустимих концентрацій і коливалося від 0,6 до 1,2 ГДК. Проте фітомаса рослин активно акумулювала Cd: він накопичувався в дозах, які перевищували допустимі: в листках (2,7-3,9 ГДК), корінні (2,2-3,2 ГДК), а вміст його у корі різко зростав (3,9-8,5 ГДК) залежно від виду дерев та їх розташування на території міста [113, 141].

Відомо, що токсична дія іонів та Pb^{2+} і Cd^{2+} викликає зниження інтенсивності фотосинтезу, гальмування ростових процесів і зовнішньо проявляється у вигляді крайового та міжжилкового некрозу та хлорозу [171].

Для характеристики стану забруднення оточуючого середовища доцільно визначати не лише рухомі форми забруднювальних речовин у ґрунті, а й коефіцієнт переходу важких металів у системі «ґрунт-рослина». Даний показник відображає відношення вмісту металу в рослині (суха маса) до його рухомих форм у ґрунті [17, 20, 30, 138].

Багатьма авторами встановлено, що середнє значення коефіцієнту переходу Плюмбуму із ґрунту в рослину – 0,53, тобто 53% металу, що перебуває в ґрунті, може переходити в медоносні рослини; коефіцієнт переходу з рослини в мед – 0,08. Середнє значення коефіцієнта переходу Кадмію із ґрунту в рослину – 0,6, з рослини в мед – 0,05. Середнє значення коефіцієнта переходу Купрумуні із ґрунту в рослину – 0,46, з рослини в мед – 0,04. По Феруму ці показники склали 0,4 і 0,17 відповідно. Середнє значення коефіцієнта переходу Цинку із ґрунту в рослину – 0,5, з рослини в мед – 0,3 [30, 155].

Розташовувати пасіки не можна поблизу автомобільних доріг, промислових об'єктів, де велика ймовірність накопичення токсичних елементів у продуктах бджільництва. Істотний вплив на рівень їхнього забруднення робить віддалення

пасіки від джерела забруднення [24, 38]. Забруднюючі речовини в продуктах бджільництва головним чином накопичуються у воску й меді. Бджоли, збираючи нектар і пилок із забруднених рослин, не тільки самі піддаються шкідливому впливу, але й стають небезпечним джерелом забруднення вироблених ними продуктів [2, 7, 17, 31, 122].

Експериментальним шляхом встановлено, що в пилку з кульбаби лікарської, зібраному бджолами на відстані півтора сотні метрів від автомобільної дороги, вміст Плюмбуму становив у середньому 1,56 мг/кг, а на відстані тисяча метрів усього 0,03 мг/кг. Різниця вмісту Плюмбуму в тілі медоносних бджіл виявилася також значною – відповідно 3,22 і 0,21 мг/кг [15, 104].

Встановлено також вміст важких металів у ґрунті, тілі бджоли та продукції бджільництва (меді, воску та перзі) [2, 23, 38]. Зокрема, виявлено, що вміст Цинку в ґрунті склав 8,96 мг/кг [17, 30, 34]. У медоносних рослин, які проростали на наведеному вище ґрунті, кількість Цинку становила 5,06 мг/кг. У тілі медоносної бджоли, меді, воску та перзі вміст Цинку склав відповідно 9,58 мг/кг, 15,94 мг/г, 44,35 мг/кг і 37,00 мг/кг. Кількість Купруму в ґрунті становила 5,74 мг/кг; а у медоносних рослинах – 6,12 мг/кг. В організмі бджіл цей елемент нагромаджувався в менших кількостях – 6,37 мг/кг, так само і в продуктах бджільництва: у меді – 6,80 мг/кг, у воску – 5,76 мг/кг, у перзі – 5,75 мг/кг. Значно слабше йде міграція Плюмбуму, Кадмію та Арсену. У ґрунті Плюмбуму містилося 0,54 мг/кг, у медоносних рослинах – 0,57 мг/кг, у тілі бджоли – 0,27 мг/кг, у меді – 0,34 мг/кг, у воску – 0,54 мг/кг, у перзі – 0,29 мг/кг; кількість Кадмію відповідно – 0,02; 0,02; 0,01; 0,05; 0,01; 0,01 мг/кг; вміст Арсену склав відповідно 0,12; 1,37; 0,26; 0,06; 1,18; 0,10 мг/кг.

Іншими авторами встановлено, що накопичення важких металів в тілі бджіл вище, ніж вміст їх у ґрунті (Кадмію, Цинку і Купруму). Вміст Кадмію і Цинку в тілі бджоли в 1,9 і 3,7 рази відповідно перевищував їх концентрацію в ґрунті. Маса Феруму і Купруму в тілі бджіл була меншою, ніж в ґрунті, проте перевищувала їх концентрацію в рослинах. Вміст Плюмбуму в тілі бджіл, на відміну від інших важких металів, знижувався, тобто ефекту акумуляції не

спостерігалось. При визначенні індексу акумуляції важких металів встановлено, що вона зростає в тілі бджіл, які утримувалися поряд з найбільш завантаженою автомагістраллю. Таким чином, організм бджоли – біоакумулятор важких металів [2, 18, 33, 54, 135, 172].

У пластичних процесах, у підтриманні оптимальних рН середовища в тканинах, клітинах, міжклітинних рідинах комах важливу роль виконують мінеральні речовини. Вони ж регулюють процеси функціонування в організмі бджоли систем: нервової, імунної, відтворної, окисної [173, 178].

Залежно від поведінки в організмі комах є декілька типів металів. При недостатці життєво необхідного елементу в організмі можуть виникати функціональні порушення, виправити які необхідно шляхом введення важливого. До функціональних порушень веде більшість металів, які при високих концентраціях стають токсичними, спричиняють шкоду організму, який дуже реагує на збільшення концентрації іонів металу [186].

Живі організми сприяли створенню окремих механізмів підтримки процесу нагромадження металів у певних межах. Комахи багатьох видів нагромаджують у своєму організмі Купрум та Манган на рівні концентрації в навколишньому середовищі [176, 255], однак при перевищенні рівня – гинуть. Необхідний для організму комах у мікрокількостях і Нікол. Проте будь-який його надлишок є шкідливим.

Від надлишкової кількості важких металів в організмі комах існують механізми захисту. Встановлено, що багато металів можуть переходити в організмі комах у менш шкідливі форми, цьому сприяє утворення нерозчинних комплексів у травному каналі [38, 69]. Крім цього, метали змінюються на менш шкідливі форми внаслідок транспортування в інші тканини [33, 94]. Найперше, у комах таким тканинним депо є хітин.

Частина важких металів, яка міститься в нектарі, “фільтрується” бджолами при його збиранні. Це пов'язано з тим, що комаха, переробляючи нектар у мед, багаторазово пропускає його через хітиновий хоботок-фільтр, який адсорбує значну кількість металів. Тому за умов багаторазового перевищення рівня важких

металів у нектарі, паді та організмі бджіл мед отримують з невеликою кількістю важких металів навіть з рослин із високим їх вмістом. Це можна пояснити особливою фізіологічною здатністю організму бджіл трансформувати в продукцію лише певну частку того чи іншого токсиканту. Суттєве зниження концентрації важких металів у процесі переробки нектару в мед значною мірою визначається також адсорбуванням їх тканинами бджолиного організму з наступним нагромадженням в органах, що захищають його від токсикозу. Це пов'язано з особливою проникністю для металів стінок медового зобика бджоли. Нагромадження важких металів в організмі особин залежить також і від їх віку, фізіологічного стану, інтенсивності використання білкових і вуглеводних кормів [18, 26, 28, 43, 117, 123].

Дослідженнями встановлено, що вміст окремих важких металів в організмі бджіл закономірно зростає із віком, що свідчить про їх нагромадження в організмі впродовж життя, особливо збільшується в перші два тижні життя, тобто коли вони виконують цикл робіт всередині вулика, що зумовлено високою концентрацією цих компонентів у бджолиному вулику [153]. У цей період кількість цинку в тканинах бджіл досягає 103,9 мг/кг, а міді – 39,7 мг/кг, що відповідно в 9,1 і 11,6 рази більше, ніж в організмі бджіл у перші дні життя. Основна кількість важких металів нагромаджується в організмі бджіл внаслідок інтенсивного споживання ними впродовж перших двох тижнів пилку (обніжжя) і перги, забрудненість яких цими елементами у сто разів вища, ніж нектару й меду. Менша їх кількість надходить в організм під час відціджування і переробки нектару в мед і надходження пилку як корму в середню кишку. Частково важкі метали акумулюються в жировому тілі й інших структурах організму бджоли. Певна їх кількість виділяється екскреторними органами [157, 211].

Дослідженнями встановлена залежність між рівнем важких металів у природному середовищі та вмістом їх в організмі бджіл і продуктах бджільництва. За кількістю важких металів у ґрунті, рослинах і продукції бджільництва за даними цих авторів утворюється такий ряд у порядку їх зменшення: Mg-Mn-Cr-Pb-Cd-Hg-As [2, 17, 22, 30]. Показано, що концентрація

окремих важких металів (Pb і Cd) у меді є дещо вищою, ніж у інших продуктах бджільництва (перзі й воску). Зокрема, якщо вміст свинцю у ґрунті становив 0,62 мг/кг, в медоносних рослинах – 0,76 мг/кг, в організмі бджіл – 0,27 мг/кг, в меді – 0,56 мг/кг, у воску – 0,82 мг/кг, в перзі – 0,29 мг/кг, то концентрація кадмію відповідно становила 0,03; 0,02; 0,02; 0,05; 0,01; 0,01 мг/кг; вміст миш'яку – 0,15; 0,37; 0,1; 0,06; 0,18; 0,10 мг/кг. Це свідчить про те, що такі забруднюючі речовини, як Плюмбум головним чином нагромаджується у воску і меді, Кадмій – у меді, Арсен – у воску. Отже, бджоли, збираючи нектар і пилок із рослин, які містять високі рівні важких металів та інші шкідливі речовини, не тільки самі піддаються шкідливому впливу, але й стають небезпечним джерелом забруднення вироблених ними продуктів, особливо Pb, Cd і As [35, 112, 165].

На якість продуктів бджільництва значно впливає місцезнаходження бджолої сім'ї від джерела забруднення [1, 7, 23, 54, 62, 179]. У літературі є дуже багато даних, які свідчать про забрудненість важкими металами медів із тих пасік, які розміщені біля автомобільних доріг і промислових підприємств. Зокрема встановлено, що в зразках медів, зібраних бджолами з таких пасік, вміст Плюмбуму в два і більше рази перевищує цей же показник у зразках медів з пасік, які віддалені від цих об'єктів [64, 206].

Мінеральні елементи, в т. ч. важкі, здатні нагромаджуватися в бджолиних стільниках. Так, зі зростанням термінів використання бджолиних стільників у них нагромаджуються великі кількості важких металів [33, 63]. Зокрема, встановлено, що впродовж одного активного сезону в стільниках нагромаджується Плюмбуму, Кадмію, Цинку та Купруму в кількостях відповідно 0,31, 0,05, 0,76 і 0,35 мг/кг, а протягом трьох активних сезонів – відповідно 0,55, 0,09, 1,62 і 0,63 мг/кг. Доведено, що розміщення пасік на територіях, забруднених важкими металами, призводить до нагромадження цих речовин у бджолиних стільниках [45, 104, 121, 180].

Встановлено, що вміст важких металів у прополісі часто значно перевищує норму. Це пов'язано з тим, що вони осідають на клейких виділеннях бруньок рослин, які збирають бджоли. Крім того, відомо, що як компонент для прополісу

бджоли використовують гудрон асфальту. Таким чином, у прополіс важкі метали можуть надходити з рослини й навколишнього середовища (здебільшого). Отже, у прополісі їх концентрується більше, ніж у медоносній рослині [45, 122].

1.3. Особливості засвоєння, синтезу й обміну жирних кислот в організмі бджіл у зв'язку з різними екоумовами

Ліпіди корму, що складаються з фосфоліпідів, естерифікованого фітостеролу, неестерифікованих жирних кислот, моноацилгліцеролів, диацилгліцеролів і триацилгліцеролів, під впливом гідролітичних ензимів розщеплюються у тонкому кишківнику комах [9, 26, 55, 57, 123]. Причому після розщеплення фосфоліпідів, диацилгліцеролів і триацилгліцеролів утворюються 2-моноацилгліцероли та неестерифіковані жирні кислоти, а естерифікованого фітостеролу – фітостерол і неестерифіковані жирні кислоти [28, 161].

Гідролітичні ензими діють залежно від положення жирної кислоти в молекулі ацилгліцеролу [106, 181]. Зокрема, ліпаза відщеплює жирні кислоти переважно із 1-ої та 3-ої позицій молекули триацилгліцеролів [150, 207] з утворенням 2-моноацилгліцеролів. Фосфоліпази A_1 і A_2 відщеплюють від фосфоліпідів жирні кислоти, які розміщені відповідно в 1-й і 2-й позиціях [28, 117].

Гідролаза естера карбонової кислоти може діяти на цілий ряд ефірних зв'язків. Зокрема, вона відщеплює жирну кислоту від естерифікованого фітостеролу та з 2-ї позиції молекули ацилгліцеролів. Основними продуктами ліполізу є 2-моноацилгліцероли, які можуть ізомеризуватися до 1-ізомеру і неестерифіковані жирні кислоти, а також фітостерол, лізофосфоліпіди та 1,2-диацилгліцероли [117, 181].

Максимальне всмоктування утворених ліпідів і жирних кислот у комах проходить в середньому та нижньому відділі тонкої кишки [9, 28, 117]. Разом з тим, дані літератури вказують на те, що утворений в результаті розщеплення фітостерол в силу своєї хімічної структури не всмоктується в тонкому кишківнику комах [56, 100].

У ентероцитах жирні кислоти зв'язуються з внутрішньоклітинним білком [8, 24, 37, 81]. Останній зв'язує в основному ненасичені жирні кислоти. Якщо жирні кислоти в ентероцитах активуються до ацил-КоА, то вони використовуються у процесах естерифікації різних акцепторів ацильних груп. Основним акцептором ацильних груп є 2-моноацилгліцероли, які всмоктуються з вмістимого кишківника [100, 105, 155].

Специфічний розподіл жирних кислот проходить на стадії ацилювання гліцеролів (α -гліцерофосфату, 2-моноацилгліцеролу та 1,2-диацилгліцеролу). Насичені жирні кислоти з короткими та середніми вуглецевими ланцюгами естерифікуються до 3-го гідроксилу 1,2-диацилгліцеролу під впливом трансацилази, яка специфічна для ацил-КоА з короткими та середніми вуглецевими ланцюгами.

Важливою умовою для транспорту ліпідів, які синтезуються в ентероцитах *de novo*, є наявність стабільної фізичної форми, необхідної для їх існування у водному середовищі. Тому значна частина ліпідів транспортується з тонкого кишківника у вигляді хіломікронів [105, 155]. Ненасичені жирні кислоти, на відміну від насичених, збільшують середній розмір хіломікронів [9, 11, 26]. Внаслідок цього частка поверхнево активних речовин (фосфоліпідів і білків) порівняно до ліпідів ядра (триацилгліцеролів) знижується.

При проходженні через капіляри тканин і органів комах хіломікрони взаємодіють з ліпопротеїновою ліпазою. Жирні кислоти та моноацилгліцероли, які звільняються ліпопротеїновою ліпазою, переносяться до клітин капілярів [104, 124]. Швидкість всмоктування жирних кислот клітинами капілярів регулюється ліпопротеїновою ліпазою, активність якої в різних тканинах неоднакова та регулюється гормонами [9, 124].

Зафіксовано, що в тканинах організму комах жирні кислоти естерифікуються до гідроксильних груп гліцеролу не довільно. Зокрема, у комах позиція 2 в триацилгліцерилах м'язової тканини зайнята в основному насиченою жирною кислотою, головним чином пальмітиною [25, 37, 81]. Розподіл жирних кислот у фосфоліпідах більш специфічний, ніж у триацилгліцерилах. Насичені

жирні кислоти переважають у позиції 1, а ненасичені – в позиції 2. Крім того, окремі фосфоліпіди мають різний жирнокислотний склад. У скелетних м'язах комах головною поліненасиченою жирною кислотою в фосфатидилетаноламіні є арахідонова кислота, тоді як у фосфатидилхоліні – лінолева.

Розподіл жирних кислот між 1-ою та 2-ою позицією в молекулі фосфоліпідів дозволяє здійснювати подвійну функцію – регуляцію синтезу високоактивних біологічно активних речовин із більш довголанцюгових і більш ненасичених жирних кислот та синтез фосфоліпідів з певними фізико-хімічними характеристиками, необхідними для мембран і ліпопротеїнів-переносчиків [24, 28, 101].

Значна кількість насичених жирних кислот з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу синтезується в тканинах комах із ацетильної групи з двома атомами карбону [95]. У цьому процесі беруть участь два ензимні комплекси – ацетил-КоА-карбоксилази та жирнокислотна синтетаза. Ацетил-КоА – карбоксилаза приєднує двоокис карбону до ацетил-КоА, у результаті чого утворюється малоніл-КоА. Малонова та ацетильні групи далі переходять від КоА до комплексу жирнокислотної синтетази та конденсуються. У результаті утворюється ацетоацетильний S-ензим і двоокис карбону. Ці реакції приводять до утворення насиченої жирної кислоти, ланцюг якої стає на два атоми карбону довшим.

Приєднання двох вуглецевих атомів до вихідної ацетильної групи з двома атомами вуглецю призводить до утворення насичених жирних кислот з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу [95, 136]. Якщо вихідним матеріалом для синтезу є пропіонова кислота з трьома вуглецевими атомами, то в результаті утворюються насичені жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу [110, 148]. Пропіонова кислота, яка є звичайним продуктом обміну речовин у тканинах комах, перетворюється в метил-малоніл-КоА.

Пальмітинова кислота є основним продуктом жирнокислотної синтетази у всіх тканинах комах. Утворення насичених жирних кислот з більш довгим вуглецевим ланцюгом проходить двома шляхами, перший з яких здійснюється у мітохондріях, де в синтезі жирної кислоти використовується ацетил-КоА і НАД·Н

або НАДФ·Н для відновлення, а другий – в мікосомах, де у синтезі жирної кислоти використовується малоніл – КоА і НАДФ·Н.

Тканини комах здатні синтезувати *de novo* із ацетату насичені жирні кислоти з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу [173, 187]. У переважній більшості синтезуються такі насичені жирні кислоти з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, як капринова (10:0), лауринова (12:0), міристинова (14:0), пальмітинова (16:0), стеаринова (18:0), арахінова (20:0), бегенова (22:0), лігноцеринова (24:0). Тканини комах здатні також синтезувати *de novo* із пропіонату насичені жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. В основному синтезуються такі насичені жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу: ундеканова (11:0), тридеканова (13:0), пентадеканова (15:0), гептадеканова (17:0), октадеканова (19:0) [9, 24, 56, 95, 148].

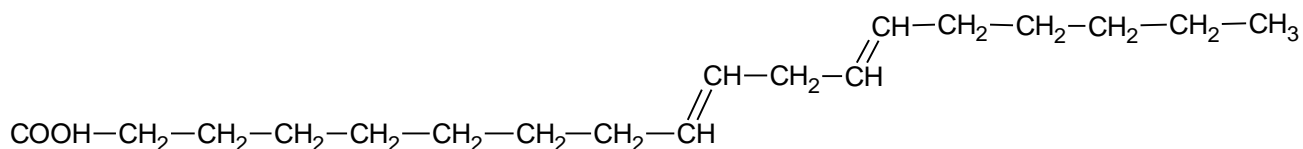
Ненасичені жирні кислоти вкрай необхідні для організму комах [9, 47, 189]. За недостатнього надходження ненасичених жирних кислот з кормом вони синтезуються у тканинах [56, 155, 157]. Причому, мононенасичені жирні кислоти синтезуються *de novo* у тканинах комах за участю ацил-КоА Δ^9 -комплексу десатурази. Цьому мікосомальному ензиму необхідна присутність кисню та відновленого піридинового нуклеотиду.

Із насичених жирних кислот з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу в результаті дії в основному ацил-КоА- Δ^9 -комплексу десатурази в тканинах комах утворюються в переважній більшості такі мононенасичені жирні кислоти, як міристоолеїнова (9–14:1 – ряду ω -5), пальмітоолеїнова (9–16:1 – ряду ω -7), олеїнова (9–18:1 – ряду ω -9), ейкозаснова (9–20:1 – ряду ω -11), докозаснова (9–22:1 – ряду ω -13) [24, 148].

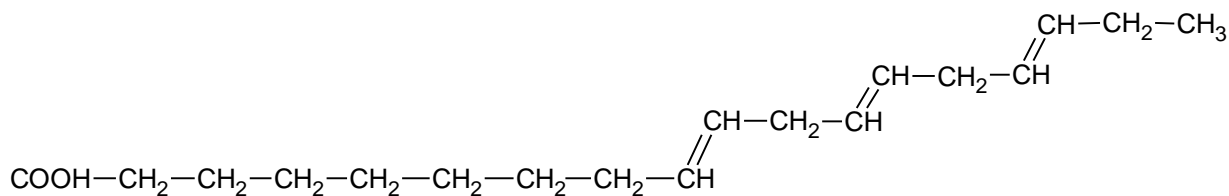
Із насичених жирних кислот з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу в результаті дії в основному ацил-КоА- Δ^9 -комплексу десатурази у тканинах комах утворюються переважно такі мононенасичені жирні кислоти, як тридекаєнова (9–13:1 – ряду ω -4), пентадекаєнова (9–15:1 – ряду ω -6), гептадекаєнова (9–17:1 – ряду ω -8) [55].

Слід відмітити наступне: максимальна активність ацил-КоА- Δ^9 -комплексу десатурази проявляється при використанні стеаринової та в меншій мірі пальмітинової і міристинової кислот [124, 206]. Основними продуктами синтезу в тканинах організму комах є олеїнова (ряду ω -9), в дещо меншій кількості – пальмітоолеїнова (ряду ω -7) та міристоолеїнова (ряду ω -5) кислоти.

Тканини комах не мають ензимів, які здатні включати подвійні зв'язки між 10-м атомом карбону та кінцевою метильною групою. Тому жирні кислоти з подвійними зв'язками між 9-м атомом карбону та кінцевою метильною групою обов'язкові в складі раціону комах і називаються справжніми незамінними (есенціальними) жирними кислотами [191, 208]. У раціоні комах містяться дві незамінні жирні кислоти: ліолева – попередник більш довголанцюгових і більш ненасичених жирних кислот ряду ω -6 та ліоленова – попередник більш довголанцюгових і більш ненасичених жирних кислот ряду ω -3 [9, 11, 24, 37, 81, 124]. Наведені незамінні поліненасичені жирні кислоти мають таку структуру:



α – ліолева кислота (9, 12 – 18:2, ω -6);



α – ліоленова кислота (9, 12, 15 – 18:3, ω -3).

У тканинах комах з пальмітоолеїнової (9–16:1) синтезуються більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти ряду ω -7 (11 – 18:1 – олеїнова та 8, 11 – 18:2 – ліолева) [148, 161]. З олеїнової (9 – 18:1) – більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти ряду ω -9 (6, 9 – 18:2 – ліолева, 8, 11 – 20:2 – ейкозадиєнова та 5, 8, 11 – 20:3 – ейкозатриєнова) [161, 169].

У тканинах комах з такої незамінної поліненасиченої жирної кислоти, як α -лінолева (9, 12 – 18:2), яка надходить в організм з кормом, синтезуються ще більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти ряду ω -6 (6, 9, 12 – 18:3 – γ -ліноленова; 8, 11, 14 – 20:3 – дигомо- γ -ліноленова або ейкозатриєнова; 5, 8, 11, 14 – 20:4 – ейкозатетраєнова або арахідонова; 7, 10, 13, 16 – 22:4 – докозатетраєнова; 4, 7, 10, 13, 16 – 22:5 – докозапентаєнова) [11, 161, 182, 187], а з α -ліноленової (9, 12, 15 – 18:3), яка теж надходить в організм з кормом, синтезуються ще більш довголанцюгові та більш ненасичені жирні кислоти ряду n-3 (6, 9, 12, 15 – 18:4 – тетраоктадиєнова; 8, 11, 14, 17 – 20:4 – ейкозатетраєнова або арахідонова; 5, 8, 11, 14, 17 – 20:5 – ейкозапентаєнова; 7, 10, 13, 16, 19 – 22:5 – докозапентаєнова; 4, 7, 10, 13, 16, 19 – 22:6 – докозагексаєнова) [24, 80, 205].

Висновки до розділу 1

1. Аналіз наукової літератури свідчить, що існує прямий зв'язок концентрації важких металів у ґрунті, рослинному нектарі та пилку, тканинах медоносних бджіл і продуктах бджільництва (меді та воску). Це зумовлено тим, що розчинні у воді сполуки важких металів вільно проникають в ґрунт, включаються в трофічні ланки та засвоюються рослинами.

2. Агрохімічні властивості ґрунтів і особливості рослин є основними факторами, що впливають на інтенсивність переходу важких металів із ґрунту в рослину. В свою чергу, від вмісту важких металів у суцвітті рослин залежить концентрація цих елементів у нектарі та пилку. Останні є попередниками меду та перги. Поїдаючи забруднений мед і пергу, комахи нагромаджують важкі метали у своїх тканинах.

3. Мінеральні елементи регулюють процеси функціонування нервової, імунної, відтворної та окисної систем організму комах, який дуже реагує на збільшення концентрації іонів важких металів. Проблема присутності важких металів у системі «ґрунт–рослина–квітковий нектар–натуральний мед і бджолине обніжжя–перга–тканини медоносних бджіл» полягає в наступному. Хімічні елементи в тканинах рослин і медоносних бджіл задіяні у процесах синтезу,

десатурації та окиснення жирних кислот. Важкі метали залежно від концентрації можуть змінювати забезпеченість організму бджіл енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом. Це зумовлено тим, що тканини рослин за допомогою ензимних систем, які активуються важкими металами, здатні синтезувати насичені, мононенасичені та поліненасичені жирні кислоти. Тканини комах за допомогою цих же ензимних систем здатні синтезувати тільки насичені та мононенасичені жирні кислоти. Тканини комах не здатні синтезувати поліненасичені жирні кислоти. Тому такі поліненасичені жирні кислоти, як лінолева та ліноленова, повинні надходити в їх організм з кормом. Основними джерелами незамінних (есенціальних) лінолевої та ліноленової кислот у раціонах для бджіл є пилок і перга. У жирнокислотному складі пилку наведені вище поліненасичені жирні кислоти є домінуючими. Загальною ознакою дефіциту α -лінолевої та α -ліноленової кислот в організмі комах є зниження ефективності засвоєння поживних речовин корму, пригнічення імунної системи організму, сповільнення темпів росту та погіршення відтворної здатності.

4. У літературі відсутні дані щодо вмісту важких металів, аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл, бджолиних стільниках та важких металів у натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у гірській карпатській, передгірній і лісостеповій зонах заходу України. Немає даних щодо основних якісних показників натуральних поліфлорних медів, отриманих із вуликів, розміщених у наведених вище природних зонах Карпатського регіону

Список використаних джерел до розділу 1

1. Аганин А. В. Мед и его исследование. Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1985. 148 с.
2. Агрогрунтове районування України. URL; <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-2.html>

3. Аккумуляция тяжелых металлов в теле пчел / Е. К. Еськов и др. *Пчеловодство*. 2008. № 2. С. 14–16.
4. Асафова Н. Н., Орлова Б. Н., Козин Р. Б. Физиологически активные продукты пчелиной семьи. Нижний Новгород : Изд. Ю. А. Николаев, 2001. 368 с.
5. Багрій І. Г. Заготівля квіткового пилку. *Пасіка*. 2001. № 5. С. 37.
6. Бармина И. Э., Маннапов А. Г., Карпова Г. В. Стимулирующие подкормки для пчелиных семей с добавлением комплексных аминокислотных и пробиотических препаратов. *Вестник Оренбургского государственного аграрного университета*. 2011. № 12 (131). С. 376–377.
7. Бащенко М. І., Лазарева Л. М. Удосконалення системи оцінки якості та безпечності меду бджолиного в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 6. С. 23–28.
8. Беззубов Л. П. Химия жиров. Москва : Пищевая промышленность, 1975. 279 с.
9. Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф. Регуляция липидного обмена. *Биологическая химия*. Москва, 2005. 234 с.
10. Білик Е. В. Великий сучасний довідник бджоляра : 15 000 корисних порад досвідчених пасічників для початківців та професіоналів. Донецьк : БАО, 2005. 528 с.
11. Біологічна дія поліненасичених N-3 жирних кислот в організмі людини та основні джерела забезпечення їх потреби / І. І. Грициняк та ін. *Біологія тварин*. 2010. Т. 12, № 2. С. 34–44.
12. Біологічна оцінка бджолиного обніжжя / Г. О. Богданов та ін. *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького*. 2005. Т. 7 (№ 1), ч. 2. С. 227–239.
13. Біофармацевтичні дослідження косметичних кремів із квітковим пилком (бджолиним обніжжям) / В. О. Головкін та ін. *Бджільництво*. 1994. Вип. 21. С. 82–84.
14. Биохимическая характеристика обножки / Д. К. Шапиро и др. *Пчеловодство*. 1989. № 8. С. 48–49.

15. Богданов Г. О., Поліщук В. П., Локутова О. А. Мінеральні елементи в контексті екологічної оцінки квіткового пилку (бджолине обніжжя). *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин УААН*. 2004. Вип. 5, № 3. С. 133–140.
16. Боднарчук Л. И., Гайдар В. А., Пилипенко В. П. Карпатские пчелы, какие же они? *Пчеловодный вестник*. 2008. № 2. С. 1–2.
17. Бокова М. И., Ратникова А. Н. Биологические особенности растений и почвенные условия, определяющие переход тяжелых металлов в растения на техногенно загрязненной территории. *Химизация в сельском хозяйстве*. 1995. № 5. С. 15–17.
18. Бондарева Н. В. Использование медоносных пчел как биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. *Успехи современного естествознания*. 2005. № 10. С. 5–6.
19. Буцяк Г. А. Міграція солей свинцю та цинку в системі ґрунт-рослина залежно від комбінованого впливу та концентрації // Збірник доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції “Екологія: вчені у вирішенні проблем науки, освіти і практики”. Житомир, 2007. С. 99-102.
20. Буцяк В. І., Печар Н. П. Вміст важких металів у ґрунті та кормах у ПАФ “Бережниця”. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2007. Т. 9, № 3 (34), ч. 2. С. 15–18.
21. Виробництво, зберігання та переробка продукції бджільництва: підручник / С. О. Петренко та ін. Одеса : Бондаренко М. О., 2016. 536 с.
22. Вміст ліпідів і важких металів у тканинах організму карпатських бджіл різних породних типів в умовах Закарпаття / І. І. Ковальчук та ін. *Ветеринарна медицина*. 2014. Вип. 99. С. 122–125.
23. Гриник С. Екологічні аспекти виробництва продуктів бджільництва. *Український пасічник*. 2008. № 7. С. 33–37.
24. Гроза Н. В., Иванов И. В., Манкова Г. И. Новый синтез (8z, 11z, 14z) — эйкозатриеновой (дигомо-γ-линоленовой) кислоты и ее 19-замещенного

- аналога. *Биоорганическая химия*. 1998. Т. 24, № 6. С. 458–461.
25. Гребенюк В. І. Про вентиляцію бджолиних гнізд. *Український пасічник*. 2012. № 1. С. 20 – 21
 26. Гула Н. М., Маргітич В. М. Жирні кислоти та їх похідні при патологічних станах. Київ : Наук. думка, 2009. 336 с.
 27. Давранов К. Д., Халамейзер В. В., Розмухамедова Б. Х. Специфичность липаз мицелиальных грибов к типу сложноэфирных связей триглицеридов. *Прикладная биохимия и микробиология*. 1999. Т. 32, № 3. С. 294–297.
 28. Даценко З. М., Донченко Г. В., Шахман О. В. Роль фосфоліпідів у мембранах функціонально різних клітин за порушення антиоксидантної системи. *Український біохімічний журнал*. 1996. Т. 68, № 1. С. 49–54.
 29. Дейнека С. Пилок як джерело білків та вітамінів. *Український пасічник*. 1997. № 8. С. 30–31.
 30. Дмитракова Л. К., Дмитраков Л. М. Поведение тяжелых металлов в системе почва-растение. *Эволюция и деградация почвенного покрова* : материалы 2-й Междунар. науч. конф., Ставрополь, 17–19 сент. 2002 г. Ставрополь, 2002. Т. 1. С. 103–106.
 31. Дубін О. М., Василенко О. В. Оцінка якості продукції бджільництва в сучасних екологічних умовах Черкаської області. *Вісник Уманського університету садівництва*. 2017. № 1. С. 12–17.
 32. Екологічні проблеми Карпатського регіону// Екологічний збірник . Пр. Наукового товариства ім. Шевченка – Львів, – 432 с.
 33. Еськов Е. К. Экология медоносной пчелы. Рязань : Русское слово, 1995. 392 с.
 34. Жердецький І. М. Мікроелементи в житті рослин. *Агроном*. 2009. № 4. С. 28–29.
 35. Жулай В. Є. Мінеральний склад різних сортів меду. *Пасіка*. 1989. № 9. С. 22.
 36. Жулай В. Є. Особливості білково-мінерального складу меду та біохімічне обґрунтування комплексної кормової добавки для бджіл : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.02.04 “Технологія

- виробництва продуктів тваринництва”. Київ, 2000. 22 с.
37. Журавлева М. В. Корекція порушень ліпидного обміну. *Consilium medicum*. 2010. № 5. С. 113–118.
 38. Забруднення біосфери важкими металами (Cu, Pb) та їх вплив на живі організми / Г. Б. Гуменюк та ін. *Сільський господар*. 2004. № 9/10. С. 2–3.
 39. Зайко М. Н., Биць Ю. В., Бутенко Г. М. Патолофізіологія : підручник. 3-тє вид., переробл. і допов. Київ : Медицина, 2010. 724 с.
 40. Залізо в організмі людини і тварин (біохімічні, імунологічні та екологічні аспекти) / Г. Л. Антоняк та ін. Львів, 2006. 310 с.
 41. Злотин А. З. Все о пчелах. *Наукова думка*. 1990. 164 с.
 42. Івченко В. М. Топографія перги в сім’ї медоносної бджоли. *Український пасічник*. 2002. № 1. С. 4–7.
 43. Изучение химического состава организма пчел в условиях пригородных пасек / М. В. Калашникова и др. *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10 (ч. 9). С. 1983–1986.
 44. Илларионов А. И., Деркач А. А. Ксенобиотики в пчелах и продуктах пчеловодства. *Агрехимия*. 2008. № 3. С. 85–96.
 45. Исследование токсических элементов в продуктах пчеловодства / Русакова Т. М. и др. *Пчеловодство*. 2006. № 9. С. 10–13.
 46. Ишемгулова Н. З. Рациональное использование биологических ресурсов Башкортостана для производства экологически безопасной продукции пчеловодства : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.32 «Биологические ресурсы». Уфа, 2006. 22 с.
 47. Кагава Я. Биомембраны. Москва : Высшая шк., 1985. 304 с.
 48. Кадзаускене К. В., Мачекас А. Ю. Показатели качества консервированной пыльцы. *Пчеловодство*. 1987. № 3. С. 28–29.
 49. Кайяс А. Пыльца : (сбор — свойства — применение). Бухарест : Апимондия, 1983. 82 с.
 50. Каплин В. Г. Основы экотоксикологии. Москва : Колос, 2006. 232 с.
 51. Карпов О. В., Верьовка С. В. Аерозолі на основі наночастинок техногенного

- походження та їхній вплив на екологію урбанізованого довкілля. *Український біохімічний журнал*. 2010. Т. 82, № 4. С. 258.
52. Кашковський В. Г., Машинська Н. Д. О каннібалізмі медоносних пчел. *Пчеловодство*. 1989. № 8. С. 10.
53. Кистерна О. С., Мусієнко О. В. Нові підходи раціональної стимуляції у бджільництві. *Бджільництво України*. 2015. Вип. 1. С. 37–41.
54. Кирьянова Л. Ю., Уланова Т. С. Медоносные пчелы и продукты пчеловодства как биоиндикаторы экологического неблагополучия окружающей среды. *Экологические проблемы Западного Урала* : тез. докл. конф. Пермь, 2001. С. 13–15.
55. Ковальський Ю. В., Кирилів Я. І., Ковальська Л. Н. Изменения липидного состава некоторых тканей медоносных пчел во время роения. Материали Міжнарод. конф. «Пчеловодство XXI. Пчеловодство, апітерапія і якість життя». Москва : Пищепромиздат, 2010. С. 94–96.
56. Ковальській Ю. В., Кирилів Я. І. Технологія одержання продуктів бджільництва. – Львів, 2007.
57. Ковальська Л. М., Кирилів Я. І. Ліпідний склад квіткового обніжжя та маточного молочка медоносних бджіл. *Український пасічник*. 2006. № 11. С. 6–8.
58. Ковальчук І. І. Важкі метали та ліпіди тканин і продукції бджіл за умов традиційного й органічного бджільництва та способи корекції їхніх рівнів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра вет. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин». Львів, 2015. 40 с.
59. Ковальчук І. І., Федорук Р. С. Вміст важких металів у тканинах бджіл та їх продукції залежно від агроекологічних умов Карпатського регіону. *Біологія тварин*. 2013. Т. 15, № 4. С. 54–65.
60. Ковальчук І. І., Федорук Р. С., Ковальська Л. М. Рівень важких металів у продукції карпатських бджіл різних породних типів в умовах Закарпаття. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 1 (39), т. 1. С. 151–157.
61. Колбина Л. М. Хозяйственно полезные и биологические особенности

- медоносных пчёл в медосборных условиях Западного Предуралья : автореф. дис. на соискание учён. степени д-ра с.-х. наук : спец. 06.02.04 «Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства». Ижевск, 2009. 28 с.
62. Кондрюк А. Ф. Біоіндикатори забруднення довкілля. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2010. Вип. 18. С. 88–89.
63. Корж В. Н. Воск пчелиный. Харьков, 2009. 143 с.
64. Коркина В. И. Пыльцевая обножка медоносных пчёл как индикатор в апимониторинге загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами : автореф. дис. на соискание учён. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология». Новосибирск, 2009. 18 с.
65. Кривцов Н. И., Лебедев В. И., Морева Л. Я. Рост и развитие пчелиных семей. Рыбное, 2009. С. 29–36.
66. Кузьміна К. Протимікробну дію має лише натуральний мед. *Пасіка*. 2008. № 12. С. 26–27.
67. Курляк І. М. Міграція рухомих форм свинцю і цинку у вегетативну частину рослин та організм тварини на фоні дії ентеросорбентів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.16 “Екологія”. Львів, 2009. 20 с.
68. Куцак Р. С., Кириченко С. В. Контроль якості і безпеки продуктів бджільництва промислового регіону. *Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК*. 2015. Т. 3, № 4. С. 88–90.
69. Куцан О., Новожицька Ю. Хімічний токсикоз бджіл. Особливості діагностики та профілактики. *Ветеринарна медицина*. 2008. № 6. С. 4–7.
70. Лазарева Л. М. Вплив тривалого зберігання на показники меду бджолиного. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 4 (61). С. 1–8.
71. Лазарева Л. М., Штангрет Л. М. Пилковий аналіз меду з різних регіонів України. *Тваринництво України*. 2017. № 3/4. С. 26–29.
72. Лазарева Л. М. Радіологічний контроль меду бджолиного з різних регіонів

- України. *Продовольча індустрія АПК*. 2016. № 5 (41). С. 39–42.
73. Лосєв О. М., Шевченко Л. В. Фізіологічні аспекти використання хелатних сполук у живленні бджіл. *Матеріали XVII Міжнародного конгресу Федерації бджолярських організацій країн Центральної і Східної Європи — Аніславії* (17–20 квіт. 2008 р.). Київ, 2009. С. 92–96.
74. Маннапов А. Н, Забал А. М., Ларионова О. С. Влияние пыльцы трансгенной груши на пчел. *Пчеловодство*. 2011. № 5. С. 20–22.
75. Матковотство. Биологические основы и технические рекомендации / Сост. Ф. Руттнер. Бухарест: Изд-во Апимондии. 1981. 351с.
76. Мейнгардт Ю. В. Здоровье на крыльях пчелы. Москва : АСТ, Санкт-Петербург : Сова, 2007. 638 с.
77. Монахова М. А., Горячева И. И. Генотип, фенотип и норма реакции в условиях температурного стресса. *Пчеловодство*. 2010. № 4. С. 19–21.
78. Наноматериалы и нанотехнологии в ветеринарной практике / Борисевич В. Б. и др. ; под ред. Борисевича В. Б. Киев : Авіценна, 2012. 511 с.
79. Осинцева Л. А., Коркина В. И., Волкова М. В. Качество продуктов пчёл на юге Западной Сибири. *Пчеловодство*. 2009. № 7. С. 50–51.
80. Оцінка композиційної еквівалентності генетично модифікованої (GTS 40 – 3 – 2) та не модифікованої сої за амінокислотним та жирнокислотним складом / Р. П. Параняк та ін. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2009. Т. 10, № 1. С. 117–120.
81. Панюшкин Д. Е. Биогенез и функция изомеров линолевой кислоты у жвачных. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2008. № 3. С. 69–85.
82. Патологічна фізіологія і патологічна анатомія тварин / А. Й. Ма-зуркевич та ін. ; під ред. А. Й. Мазуркевича. Вінниця : Нова книга, 2008. 343 с.
83. Поліщук В. П. Бджільництво. Київ, 2009. 330 с.
84. Поліщук В. П., Гайдар В. А. Пасіка. Київ : Ділова Україна, 2008. 284 с.
85. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М.: Мир, 1967.
86. Пшеничная Е. А., Сеницын В. М. Влияние БАД на содержание некоторых

- химических элементов в теле пчел и меда. *Пчеловодство*. 2011. № 5. С. 15–18.
87. Разанов С. Ф. Властивості підбору бджіл. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. “Актуальні проблеми годівлі тварин і технології кормів”, 16–17 жовт. 2008 р. Київ : Урожай, 2008. С. 102–104.
88. Разанов С. Ф. Вплив якості бджолиного гнізда на питому активність радіонуклідів та концентрацію важких металів у меді. *Безпека продуктів харчування та технологія переробки*. 2013. № 3 (73). С. 219–222.
89. Разанов С. Ф. Забруднення важкими металами відходів бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2009. Спец. випуск, червень. С. 272–274.
90. Разработка методики определения контроля качества аминокислот стандартизированных субстанций продуктов пчеловодства / А. И. Тихонов и др. Вестник КазНМУ. 2013. № 5 (3). С. 66–70.
91. Рівіс Й. Ф., Федорук Р. С. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі. Львів : Сполом, 2010. 109 с.
92. Саранчук І. І., Рівіс Й. Ф. Вміст деяких важких металів в окремих частинах тіла медоносних бджіл із різних екологічних зон. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок*. 2008. Вип. 9, № 1/2. С. 211–216.
93. Січенко О. М. Виробництво бджолопродукції на природних фітоценозах різної щільності забруднення радіоцезієм та важкими металами. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2011. № 2 (29), т. 1. С. 240–244.
94. Снітинський В. В., Смаль О. В. Вміст важких металів у ґрунтах насаджень різного функціонального значення зеленої зони м. Львова. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 60. - С. 131-138.
95. Технологія виробництва, зберігання та переробки продукції бджільництва : підручник / С. О. Петренко та ін. Одеса : Бондаренко М. О., 2018. 556 с.

96. Токарев М. М. Бджоли, радіація, здоров'я: Тваринництво України. 2007. №6. С. 40
97. Топорін В. О. Мобільні пасіки і сучасні прийоми пасічництва: Пасіка. 2010. №1. С 7 - 9
98. Фізико-географічне районування України. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-1.html>.; Заставний Ф. Україна. Природа, населення, економіка / Ф. Заставний. – Львів : Априорі, 2011. – 504 с.
99. Федорук Р. С., Романів Л. І. Важкі метали у тканинах медоносних бджіл при підгодівлі борошном нативної та трансгенної сої. *Тваринництво України*. 2014. № 8/9. С. 52–57.
100. Фізіологія тварин : підручник / Мазуркевич А. Й. та ін. ; за ред. А. Й. Мазуркевича та В. І. Карповського. Вінниця : Нова книга, 2012. 424 с.
101. Філімонов В. І. Фізіологія людини : підручник. Київ : ВСВ “Медицина”, 2010. 719 с.
102. Хмара П. Я. Технологія оздоровлення бджіл без медикаментів. – шкодочинів здоров'ю людей. Київ, 2008. 169 с.
103. Чертко Н. К., Чертко Э. Н. Геохимия и экология химических элементов. Минск : Изд. центр БГУ, 2008. 135 с.
104. Экологические условия и качество продукции пчеловодства / С. С. Сокольский и др. Материалы Междунар. конф. «Пчеловодство XXI. Пчеловодство, апитерация и качество жизни». Москва : Пищепромиздат, 2010. С. 210–214.
105. Юмагужин Ф. Г., Сафаргалин А. Б. Активность каталазы ректальных желез у медоносных пчел. *Аграрная наука*. 2009. № 10. С. 24–25.
106. Andrews G. K. Regulation of metallothionein gene expression by oxidative stress and metal ions. *Biochem. Pharmacol.* 2000. Vol. 1, № 59 (1). P. 95–104.
107. Antimicrobial activity of pollen / S. C. Pauguel et al. *Phytochemistry*. 1993. Vol. 33, № 6. P. 2503–2507.
108. Askew G. N., Tregear R. T., Ellington Ch. P. The scaling of myofibrillar actomyosin ATPase activity in apid bee flight muscle in relation to hovering flight

- energetics. *The Journal of Experimental Biology*. 2010. 213. P. 1195–1206.
109. Babonas J. Trace elements in the system of medical environmental monitoring. *Ekologija* (Vilnius). 1997. № 1. P. 26–30.
110. Beare J. L. Lipid in modern nutrition. New-York : Raven Press, 1987. 248 p.
111. Bianu E., Nica D. Honeybees — bioindicators in a heavy polluted area. *Second European Conf. of Apidology*, Prague, 10–14th September 2006. P. 85.
112. Bogdanov S. Contaminants of bee products. *Apidologie*. 2006. Vol. 37, № 1. P. 1-18.
113. Bogdanov G., Lokutova O., Sager M. Mineral range of bee loads different botanical origins. *Materiały z Konferencji “XLIV Naukowa Konferencja Pszczelarska”*, 24–25 kwietnia 2007 r. Puławy, 2007. P. 115–117.
114. Bogdanov S. Quality and Standards of Pollen and Beeswax. *Apiacta*. 2003. Vol. 38, № 4. P. 334–341.
115. Brodschneider R., Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. 2010. 41. P. 278–294.
116. Brown M. J. F., Paxton R. J. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*. 2010. 40. P. 410–416.
117. Casey W. M., Rolph C. E., Tomeo M. E. Effects of unsaturated fatty acid supplementation on phospholipid and triacylglycerol biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem. and biophys. res. comm.* 1993. № 3. P. 1297–1303.
118. Celechovska O., Vorlova L. Groups of honey — physicochemical properties and heavy metals. *Acta Vet. Brno*. 2001. Vol. 70, № 1. P. 91–95.
119. Cesco S., Barbattini R., Agabiti M. F. Honey bees and bee products as possible indicators of cadmium and lead environmental pollution: an experience of biological monitoring in Portogruaro city (Venice, Italy). *Apicoltura*. 1994. Vol. 9. P. 103–118.
120. Clemente T. E., Cahoon E. B. Soybean Oil: Genetic Approaches for Modification of Functionality and Total Content. *Plant Physiology*. 2009. 151.3. P. 1030–1040.
121. Comb wax effects on the ontogeny of honey bee nestmate recognition

- / M. D. Breed et al. *Animal Behaviour*. 1998. Vol. 55, Issue 1. P. 13–20.
122. Conti M. E., Botrè F. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environ. Monit. Assess.* 2001. Vol. 69, № 3. P. 267–282.
123. Crailsheim L. K. Free fatty acids digested from pollen and triolein in the honeybee (*Apis mellifera carnica pollmann*) midgut. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*. 2001. Vol. 171, № 4. P. 313–319.
124. Cunnane S., Horrolyn D. Parenteral linoleic and gammalinoleic acids ameliorate the gross effects of zinc deficiency. *Proc. of the Soc. for. Exp. Biol. and Med.* 1980. Vol. 164. P. 583–588.
125. Davis S. R., Cousins R. J. Metallothionein Expression in Animals: A Physiological Perspective on Function. *Journal of Nutrition*. 2000. Vol. 130. P. 1085–1088.
126. Diet effects on honeybee immunocompetence / C. Alaux et al. *Biology Letters*. 2010. 6. P. 562–565.
127. Dimou M., Thrasylvoulou A. Pollen analysis of honeybee rectum as a method to record the bee pollen flora of an area. *Apidologie*. 2009. Vol. 40, № 2. P. 124–133.
128. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context / A. Holzschuh et al. *Journal of Applied Ecology*. 2007. Vol. 44, Issue 1. P. 41–49.
129. Dobson H. E. M. Survey of pollen and pollenkitt lipids — chemical cues to flower visitors? *American journal of botany*. 1988. Vol. 75, № 2. P. 170–182.
130. Dyerberg J., Nordoy A. Perspectives on n-3 fatty acids in medical research. *J. Intern. Med.* 1989. Vol. 225. P. 237–238.
131. Effects of dietary linolenic acid on the conversion and oxidation of ¹³C-linolenic acid / H. F. Susanne et al. *Lipids*. 2000. Vol. 35, № 2. P. 137–142.
132. Ellis A. M., Hayes G. W. Jr. An evaluation off resh versus fermented diets for honey bees (*Apis mellifera*). *J. Apic. Res.* 2009. 48. P. 215–216.
133. Energy metabolism in orchid bee flight muscles : carbohydrate fuels all / R. K. Suarez et al. *Journal of Experimental Biology*. 2005. Vol. 208. P. 3573–

- 3579.
134. Evans Jay D., Boncristiani H., Chen Y. Scientific note on mass collection and hatching of honey bee embryos. *Apidologie*. 2010. Vol. 41, N. 6. P. 654–656.
 135. Fakhim-Zadeh K., Lodenius M. Schwermetalle im Honig, Pollen und den Honigbienen Finnlands. *Apiacta*. 2000. Vol. 35. P. 85–95.
 136. Fatty acid composition and palynological analysis of bee (*Apis*) pollen loads in the states of Sao Paulo and Minas Gerais, Brazil / D. H. Markowicz Bastos et al. *Journal of Apicultural Research*. 2004. Vol. 43, № 2. P. 35–39.
 137. Fatty acid composition in beebread / V. Čeksteryte et al. *Biologija*. 2008. Vol. 54, № 4. P. 253–257.
 138. Fedoruk R. S., Romaniv L. I., Kovalchuk I. I. The content of certain heavy metals in tissues and products of honey – bees under the condition of their feeding with native soy flour adding chloride and aquanano chrome citrate. *The Animal Biology*. 2015. Vol. 17, N. 1. P. 140–148.
 139. Frank R. Miod. Odżywia, leczy, pielęgnuje. Warszawa : RM, 2008. 116 p.
 140. Genersch E. Honey bee pathology: current honey bees and beekeeping. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2010. Jun, 87 (1). Vol. 12. P. 87–97.
 141. Geographical Origin of Slovenian Multifloral and Forest Honey / U. Kropf et al. *Apiacta*. 2009. Vol. 44. P. 33–42.
 142. Gilliam M., Roubik D. W., Lorenz B. J. Microorganisms associated with pollen, honey, and brood provisions in the nest of a stingless bee, *Melipona fasciata*. *Apidologie*. 1990. Vol. 21. P. 89–97.
 143. Grabowski P., Siuda M. Pylek w zyciu pszczol. *Pszczelarstwo*. 2000. T. 51, № 8. S. 6.
 144. Heavy metals and lipids acids content in the tissues and production of bees from different agroecologic zones of Carpathian region / R. S. Fedoruk et al. Miedzynarodowa Konferencja Naukowa «*Osiagniecia naukowe a praktyka zootechniczna*». Krakow, 2009. P. 18–22.
 145. Heavy metals and lipids content in the tissues and products of bees from different agroecological zones of Carpathian Region / R. S. Fedoruk et al. International

- Scientific Conference “*Scientific Achievements and the Breeding Practice*”, Kraków, October 17, 2009. P. 17–22.
146. Heavy metal aspects of compost use / R. L. Chaney et al. *Compost utilization in horticultural cropping systems* / Stoffella P. J., Khan B. A., editors. Boca Raton, FL : CRC Press LLC, 2001. P. 324–359.
147. Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination in Urban Areas and Wildlife Reserves: Honeybees as Bioindicators / M. Perugini et al. *Biol Trace Elem Res.* 2010. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20393811>. (Last accessed: 13.08.2018).
148. Holman T. R. Control of polyunsaturated acid in tissue lipids. *J. Amer. Coll. Nutr.* 1986. Vol. 5, № 2. P. 183–211.
149. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination / C. Porrini et al. *Apiacta.* 2003. Vol. 38. P. 63–70.
150. How Varroa parasitism affects the immunological and nutritional status of the honey bee, *Apis mellifera* / K. A. Aronstein et al. *Insects.* 2012. 3 (3). P. 601–615.
151. Hrassnigg N., Crailsheim K. Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie.* 2005. Vol. 36, № 2. P. 255–277.
152. Hwang D. H., Kinsella J. E. The effects of trans, trans-methyl linoleate on the concentration of prostaglandin and their precursors in rat. *Prostaglandins.* 1979. Vol. 17, № 5. P. 543–558.
153. Identification of the proteome complement of the higher royal jelly producing bees (*Apis mellifera* L.) during the worker larvae development / L. Jianke et al. *Apidologie.* 2007. Vol. 38, № 6. P. 545–557.
154. Jenkins T. C., Palmquist D. L. Effect of added fat and calcium on in vitro formation of insoluble fatty acid soaps and cell wall digestibility. *J. of Anim. Sci.* 1982. Vol. 55, № 4. P. 957–963.
155. Kabata-Pendias A. Soil-plant transfer of trace elements — an environmental issue. *Geoderma.* 2004. 122. P. 143–149.
156. Lipolysis and the integrated physiology of lipid energy metabolism / S. Wang et al. *Molecular Genetics and Metabolism.* 2008. Vol. 95. № 3. P. 117–

- 126.
157. Loidl A., Crailsheim K. Free fatty acids digested from pollen and triolein in the honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollmann) midgut. *Journal of comparative physiology. Biochemical, systemic and environmental physiology*. 2001. Vol. 171, № 4. P. 313–322.
158. Lokutova O. Pollen analysis of some Ukrainian honey. *Abstracts of the 39th Apimondia International Apicultural Congress*. Dublin, 2005. P. 95.
159. Lokutova O., Teper D., Polishuk V. The study pollen spectrum of honey from central and southern part of Ukraine. *Materiały z XLII naukowej konferencji pszczelarskiej*. Poland, Puławy, 2005. P. 110.
160. Lutsenko Y., Levchenko I. Correlation of the signal importance of a hive and entrance in a honeybee return to the nest (*Apis mellifera* L.). *Materiały z Konferencji “XLII Naukowa Konferencja Pszczelarska”*, 8–9 marca 2005 r. Puławy, 2005. P. 8–10.
161. Manning R. Fatty acid composition of pollen and the effect of two dominant fatty acids (linoleic and oleic) in pollen and flour diets on longevity and nutritional composition of honey bees (*Apis mellifera*). *Australasian Digital Theses Program*, 2006. RL: <http://researchrepository.murdoch.edu.au/vital/access/manager/Repository/wmdu:495>. (Last accessed: 15.07.2018).
162. Manning R., Harvey M. Fatty acids in honeybee-collected pollens from six endemic Western Australian eucalypts and the possible significance to the Western Australian beekeeping industry. *Australian journal of experimental agriculture*. 2002. Vol. 42, № 2. P. 217–223.
163. Manning R. Fatty acids in pollen : a revive of their importance for honey bees. *Bee World*. 2001. Vol. 82 (2). P. 60–75.
164. Martinson V. G., Moy J., Moran N. A. Establishment of characteristic gut bacteria during development of the honey bee worker. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012. 78. P. 2830–2840.
165. Martynyuk O., Lokutova O., Bogdanov G. Outlooks for melissopalynological studies within the system of ecological monitoring, quality evaluation and

- biosafety of bee products. Materiały z Konferencji “*XLIV Naukowa Konferencja Pszczelarska*”, 24–25 kwietnia 2007 r. Puławy, 2007. P. 128–129.
166. Mayack C., Naug D. Energetic stress in the honey bee *Apis mellifera* from *Nosema ceranae* infection. *J. Invertebr. Pathol.* 2009. 100. P. 185–188.
167. Mehta J., Lopez L., Wargovich T. Eicosopentaenoic acid: its relevance in atherosclerosis and coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 1987. Vol. 59, № 1. P. 155–159.
168. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects / S. Bogdanov et al. *Journal of Apicultural Research and Bee World.* 2007. Vol. 46 (4). P. 269–275.
169. Most biological effects of zinc deficiency corrected by gamma-linolenic acid (18:3 n-6) but not by linoleic acid (18:2 n-6) / V. S. Huang et al. *Atheroscler.* 1982. Vol. 41. P. 193–207.
170. Mourot J., Peiniau P., Mouner A. Effects de l'acide linoleique alimentaire sur l'activite des enzymes de la lipogenese dans les tissue adipeux chez le porc. *Reprod. Nutr., nuter., dev.* 1994. Vol. 34, № 3. P. 213–220.
171. Multivariate Correlation between color and mineral composition of honey and their botanical origin / M. Gonzalez-Miret et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2005. Vol. 53 (7). P. 2574–2580.
172. Nation J. L., Robinson F. A. Concentration of some major and trace elements in honeybees, royal jelly and pollens, determined by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Apicultural Research.* 1971. Vol. 10, № 1. P. 35-43.
173. Nation J. L. *Insect physiology and biochemistry.* CRC Press, 2002. 485 p.
174. Neuman P., Carreck N. L. Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research.* 2010. 49 (1). P. 1–6.
175. Nicolson S. W., Human H. Bees get a head start on honey production. *Biol. Lett.* 2008. 4. P. 299–301.
176. Pathogen – Targeted Hydroxyl Radical Generation during Melanization in Insect Hemolymph: EPR Study of a Probable Cytotoxicity Mechanism / D. A. Komarov et al. *App. Magn. Reson.* 2009. Vol. 35. P. 495–501.

177. Peter L. B. Keeping bees without chemicals. *The American Bee Journal*. 2007. V. 147, № 7. P. 632–641.
178. Physiology and biochemistry of honey bees / K. Hartfelder et al. *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. № 7. P. 504–508.
179. Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*. 2003. Vol. 38. P. 63–70.
180. Quality assurance of commercial beeswax : II. Gas chromatography–electron impact ionization mass spectrometry of alcohols and acids / J. J. Jiménez et al. *Journal of Chromatography A*. 2003. Vol. 1007, Issues 1/2. P. 101–116.
181. Raetz C. R. H., Dowhan W. Biosynthesis and function of phospholipids in *Escherichia coli*. *J. Biol. Chem.* 1990. 265. P. 1235–1238.
182. Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids / H. Sprecher et al. *Journal of Lipid Research*. 1995. Vol. 36. P. 2471–2477.
183. Sager M., Pechhaker H., Pechhaker M. Trace elements in honey. *Chemia i Inzynieria Ekologiczna*. 2002. Vol. 9, № 4. P. 461–472.
184. Sapachova M. A., Shaposhnik V. M. Comparative analysis of the methods of molecular detection of avian influenza virus subtype H5N1. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*. 2016. V. 2, Issue 2. P. 9–11.
185. Sawyer R. Honey identification. Cardiff : Academic Press, 1988. 115 p.
186. Schmidt G. H., Ibrahim N. M. M. Heavy metal content (Hg^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+}) in various body parts: Its impact on cholinesterase activity and binding glycoproteins in the grasshopper *Aiolopus thalassinus* adults. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1994. Vol. 29, Issue 2. P. 148–164.
187. Sessler A. M., Ntambi J. M. Polyunsaturated fatty acid regulation of gene expression. *J. Nutr.* 1998. Vol. 128, № 6. P. 923–926.
188. 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. P. 192–194.
189. Shand J. H., Noble R. C. Δ^9 - and Δ^6 -desaturase activities and their role in the supply of fatty acids. *Biol. of the Neonate*. 1979. Vol. 36. P. 298–304.

190. Sherman G., Visscher P. K. Honeybee colonies achieve fitness through dancing. *Nature*. 2002. 419. P. 920–922.
191. Simopoulos A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.* 1991. Vol. 54. P. 438–463.
192. Speciation and mobility in straw and wood combustion fly ash. / K. H. Hansen et al. *Chemosphere*. 2001. Vol. 45. P. 123–128.
193. Stawiarz E., Wroblewska A. Melissopalynological analysis of multifloral honeys from the sandomierska upland area of Poland. *Journal of Apicultural Science*. 2010. Vol. 54, № 1. P. 65–75.
194. Szczęsna T. Concentration of selected elements in honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science*. 2007. Vol. 51, № 1. P. 5–13.
195. Szczęsna T. Long-chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science*. 2006. Vol. 50, № 4. P. 65–79.
196. Szczęsna T. Study on the sugar composition of honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science*. 2007. Vol. 51, № 1. P. 15–22.
197. Tautz J. Fenomen pszczół miodnych. Łódź : Galaktyka, 2008. 296 s.
198. Teper D. Analiza pyłkowa miodow. *Paseka*. 2004. № 2 (6). P. 54–57.
199. Testing pollen of single and stacked insect-resistant bt-maize on in vitro reared honey bee larvae / H. P. Hendriksma et al. *Plos One*. 2011. 6 (12). e28174. doi: 10.1371/journal.pone.0028174.
200. The digestion of dandelion pollen by adult worker honeybees / Y. S. Peng et al. *Physiological Entomology*. 1985. Vol. 10, Issue 1. P. 75–82.
201. The role of fatty acids in the mechanical properties of beeswax / R. Buchwald et al. *Apidologie*. 2009. Vol. 40, № 5. P. 585–594.
202. The role of the queen mandibular gland pheromone in honeybees (*Apis mellifera*): honest signal or suppressive agent? / K. Strauss et al. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2008. Vol. 62, № 9. P. 1523–1531.
203. The structural biology of type II fatty acid biosynthesis / S. W. White et al. *Annu. Rev. Biochem.* 2005. 74. P. 791–831.
204. Tuzen M. Determination of some metals in honey samples for monitoring

- environmental pollution. *Fresenius environmental bulletin*. 2002. Vol. 11 (7). P. 366–370.
205. Urich K. *Comparative Animal Biochemistry*. Berlin ; New York : Springer-Verlag, 1994. 782 p.
206. Volpe J., Vagelos P. Mechanisms and regulation of biosynthesis of saturated fatty acids. *Physiol. Rev.* 1976. Vol. 56. P. 339–417.
207. Vorlová L., Čelechovská O. Activity of Enzymes and Trace Element Contents in Bee Honey. *Acta Vet. Brno*. 2002. Vol. 71, № 3. P. 375–378.
208. Wahle K. M. Fatty acid modification and membrane lipids. *Proc. Nutrit. Soc.* 1983. Vol. 42, № 2. P. 273–287.
209. Wainelboim A. J., Farina W. M. Trophallaxis in honeybees, *Apis mellifera* (L.), as related to their past experience at the food source. *Animal Behaviour*. 2003. Vol. 66, Issue 4. P. 791–795.
210. Wening C. J. Pollen and the honey bee. *Am. Bee J.* 2003. Vol. 143, № 5. P. 394–397.
211. Weston R. J. The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey : a review. *Food Chemistry*. 2000. Vol. 71, Issue 2. P. 235–239.

Розділ 2

ПРИРОДНІ УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОБЕЗПЕКИ БДЖОЛЯРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

2.1. Фізико-географічні й екологічні умови регіону досліджень

Критеріями стану навколишнього середовища проживання людей є техногенне забруднення повітря, ґрунтів, рослин і якість місцевих харчових продуктів. Основними джерелами забруднення довкілля є викиди промисловості й автотранспорту [217, 218, 221]. У містах і їхніх околицях транспорт дає понад 60% від усього обсягу викидів.

Моделльні екосистеми мікропопуляцій медоносних бджіл породи карпатська – *Apis mellifera* (L.) *carpatica*, були підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt. Славське, Сколівського району), передгірної (с. Нижня Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Пустомитівського району) територій Львівської області (дод. А, рис. А.1), де різні природно-кліматичні умови й екологічна ситуація. Виходимо з того факту, що мікропопуляція медоносних бджіл – це пасіка, де утримують сім'ї, які освоюють під свою кормову базу територію радіусом корисного льоту до 2-3 км [93].

За цільовими класифікаціями територій гірська мікропопуляційна екосистема розташована у фізико-географічній Карпатській місцевості (Гірський край – Українські Карпати) у Зовнішньокарпатській області [98], у геоботанічній Східнокарпатській підпровінції листяних та хвойних лісів і високогірної рослинності у Верховинсько-Бескидському округу звичайнодубових, букових, модринових та ялинових лісів і післялісових луків [216], у агроґрунтового [2] Середньогірному ґрунтово-кліматичному поясі (бурі гірсько-лісові щебенюваті і дерново-буроземні ґрунти) в умовно чистій місцевості України [219, 220, 217, 218, 223].

Передгірна мікропопуляційна екосистема також знаходиться у фізико-географічній Карпатській місцевості (Гірський край – Українські Карпати), у Передкарпатській височинній області та у геоботанічній Східнокарпатській підпровінції листяних та хвойних лісів і високогірної рослинності у Верховинсько-Бескидському округу звичайнодубових, букових, модринових та ялинових лісів і післялісових луків, в агрогрунтовій Лісолучній буроземній зоні Передкарпаття на акумулятивній рівнині з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими переважно поверхнево-оглеєними ґрунтами, на помірно забрудненій території України [219, 220, 217, 218, 223].

Лісостепова мікропопуляційна екосистема знаходиться на Східноєвропейській рівнині фізико-географічної зони широколистяних лісів (Західноукраїнський край) у Розтоцько-Опільській горбогірній області у геоботанічній Південнопольсько-Західноподільській підпровінції широколистяних лісів, луків, лучних степів та евтрофних боліт у Сандомирсько-Верхньодністровському окрузі дубових, дубово-соснових лісів, луків та евтрофних боліт, в агрогрунтовій зоні Лісостепу у Західній провінції (піднесена рівнина з підвищеною вологістю з світло- і темно-сірими опідзоленими ґрунтами переважно на лесових породах, чорноземами типовими мало- і середньо гумусними), в забрудненій і дуже забрудненій місцевості України [219, 220, 217, 218, 223].

Стан довкілля на об'єктах дослідження охарактеризований за шестиступеневою шкалою загальної забрудненості навколишнього середовища в Україні (рис. 2.1) [220]. Контрольна гірська мікропопуляційна бджолина екосистема, що розташована в смт. Славське, Сколівського району (Зовнішньокарпатська фізико-географічна область), більша частина території якої вважається умовно чистою (1 ступінь), а власних промислових викидів тут найменше. Передгірна пасіка модельної мікропопуляції с. Нижня Стинава (Стрийський район) знаходиться в зоні помірного забруднення (2 ступінь). Лісостепова мікропопуляційна екосистема (с. Миклашів, Пустомитівський район) знаходиться в забрудненій зоні (3 ступінь).



Рис. 2.1. Зонування заходу України за шестиступеневою інтенсивністю забруднення навколишнього середовища [220].

За специфічним сумарним забрудненням територія Заходу України поділена на чотири зони (рис. 2.2) [223]. Оцінка здійснена на основі дослідженням сумарної забрудненості ґрунтів за вмістом валових форм Кобальту, Купруму, Ніколу, Плюмбуму, Хрому та Цинку, що загалом кратно (від 8 до 20 разів) перевищує фонові значення. За чотиріступеневою шкалою сумарної оцінки забруднення важкими металами гірська мікропопуляція (сmt. Славське –

агрогрунтовий Середньогірний ґрунтово-кліматичний пояс (бурі гірсько-лісові щебенюваті і дерново-буроземні ґрунти) знаходиться у відносно сприятливій зоні.



Рис. 2.2. Зонування Заходу України за чотириступеневою інтенсивністю сумарної забрудненості ґрунтів важкими металами [223].

Передгірна мікропопуляційна екосистема (с. Нижня Стинава, Стрийський район – агрогрунтова Лісолучна буроземна зона Передкарпаття на акумулятивній рівнині з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими переважно

поверхнево-оглеєними ґрунтами) знаходиться на межі відносно сприятливої та помірно забрудненої зон.

Лісостепова мікропопуляція бджіл (с. Миклашів, Пустомитівський район – агроґрунтова Лісолучна буроземна зона Передкарпаття на акумулятивній рівнині з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими переважно поверхнево-оглеєними ґрунтами) розташована на межі забрудненої та дуже забрудненої зон.

Отже, модельні території, на котрих вибрані мікропопуляції медоносних бджіл для дослідження впливу якості природного довкілля на чистоту продукції бджільництва, представляють усі зони забруднення регіону та цілком відображають екоситуацію у Західній Україні.

Ретроспективна реконструкція первинного рослинного покриву Сколівського району [214] показала, що суходільні екосистеми тут на 99,3% займали корінні рослинні угруповання, домінантами в яких були деревні види. Тому первинним біогеоценотичним покривом тут вважають лісовий. На сьогодні екоситуація у гірській частині Львівщини докорінно змінилася залежно від доступності ландшафтів для освоєння. Ступінь трансформованості рослинного покриву у гірській місцевості (дод. А, рис. А.2), де знаходиться Славська селищна рада, середній.

Село Нижня Стинава Стрийського району прилягає до зони великої трансформованості рослинного покриву за показником частки лісів.

Для з'ясування сучасного стану рослинного покриву здійснено аналіз структури земель [214]. Дотепер лісові угіддя Сколівського району за даними «форми 6-зем» становлять найбільшу частку земель [222], порівняно зі Стрийським та Пустомитівським районами. Проте, власне, ліси займають лише 63,6% території від загальної площі району (дод. А., табл. А.1). Це означає, що 7,6% лісових земель не зайняті деревостаном, а в кращому випадку чагарниками або пустищами. Екофункції цього покриву сприятливі для медозбору.

Стрийський район прилягає до сильно знелісненої зони на межі Сколівського району, де панують лучні угіддя. Екосистеми Пустомитівського

району переважно рілні, з невеликою часткою перелогів та лучних угідь, лісові практично відсутні.

Сколівський район освоїв під сільськогосподарські угіддя значно менше земель, ніж Стрийський і Пустомитівський райони. У ньому їх лише 24,8% (дод. А, табл. А.2). Рілля за даними «форми б-зем» становить 6,9% від площі району. Сукупно 17,7% займають лучні угіддя, 0,29% – сади (426,7 га), в яких домінує яблуна. На сільськогосподарських землях під непродуктивні площі відійшло трохи більше, ніж піввідсотка території району – 839,7 га. Це, як правило, оселища різнотрав'я, де кульбаба займає велику частку.

Загалом підсумовуючи аналіз структури рослинного покриву бачимо, що розораність угідь на Сколівщині становить 7-8%, на Стрийщині – 40-46, на Пустомитівщині – 85-92% [222].

2.2. Програма і схема досліджень

Для оцінювання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться модельні мікропопуляційні екосистеми, визначали вміст важких металів (Ферум, Цинк, Купрум, Хром, Нікол, Плюмбум, Миш'як і Кадмій) у пилку бджолиного обніжжя. Бджолине обніжжя в періоди нашого дослідження було представлено пилком переважно кульбаби лікарської – *Taraxacum officinale* Wigg. та яблуні домашньої – *Malus domestica* (Borkh.) Borkh.). Кульбаба лікарська та яблуня домашня цвітуть і пилюють весною.

Для уточнення видової приналежності відібраного пилку з кульбаби та яблуні проводилися ідентифікаційні дослідження за допомогою комп'ютерних програм «LUCIA» (Laboratory Colour Image Analysis) і «Pollen Data Bank». Ці програми дають можливість визначити основні параметри пилкового зерна, відзнятого відеокамерою з мікроскопа, шляхом накладання зображень та порівняння з еталонними зразками (дод. А, рис. А.3 – а і б).

Робочих особин медоносних бджіл, свіжопобудовані бджолині стільники (язики) та натуральні поліфлорні меди для досліджень у весняно-літній період відбирали загальноприйнятими методом (58-60, 213) з трьох вуликів у трьох пасіках з трьох вищеописаних зон заходу України за наступною схемою (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Схема та зміст робіт з відбору зразків для аналізів.

2.3. Методики досліджень

У відібраних зразках бджолиного обніжжя, тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, бджолиних стільниках і медах визначали вміст важких металів (Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію) на атомно-абсорбційному спектрофотометрі (Селмі-115) за методикою [91]. Зразки бджолиного обніжжя, тканин медоносних бджіл, бджолиних стільників (язиків) і меду в атомно-абсорбційний спектрофотометр вносили у вигляді розчинів, які було отримано шляхом сухого озолення та розчинення золи в концентрованій 10%-ій соляній кислоті. Для цього в прожарений тигель вносили наважки досліджуваного біоматеріалу та висушували у сушильній шафі за температури 100–105⁰С. Потім досліджувані зразки спалювали в муфельній печі за температури 450–500⁰С до повного озолення. Після завершення озолення тигель

охолоджували, а отриману золу розчиняли в 10 мл 10%-ої НСІ. Отримані кислотні розчини золи спектрофотометрували за строго визначеної довжини хвилі на атомно-абсорбційному спектрофотометрі (Селмі-115) з комп'ютерною програмою, яка з врахуванням ступеня розбавлення забезпечувала отримання цифрових даних концентрації досліджуваних важких металів.

Концентрацію аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у досліджуваному біоматеріалі (бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл і бджолиних стільниках) визначали методами газорідинної хроматографії, зібраними у праці Рівіса Й. Ф., Федорука Р. С. (дод. А. рис А.4.) [91].

У відібраних зразках натуральних поліфлорних медів за чинним Національним стандартом ДСТУ 4497:2005 визначали основні якісні показники: діастазне число та вміст відновлювальних цукрів, проліну та гідроксиметилфурфуролу. Діастазне число та вміст відновлювальних цукрів, проліну й гідроксиметилфурфуролу в натуральних поліфлорних медах визначали фотоколориметрично за довжини хвилі відповідно 590, 440, 510 і 550 нм.

Для визначення вмісту аніонних жирних кислот за методикою [91] досліджуваний біоматеріал (бджолине обніжжя, тканини бджіл і бджолині стільники) обробляли різними екстрагуючими сумішами. В одному випадку сумішшю хлороформ-метанол-соляна кислота (200:100:1 за об'ємом), а в другому – хлороформ-метанол (2:1 за об'ємом). Звільнені від хлороформу ліпіди в обох випадках омилювали, а отримані жирні кислоти метилювали метанолом у присутності каталізатора – хлористого ацетилю. Отриманні таким шляхом метилові естери жирних кислот вводили у випаровувач газорідинного хроматографічного апарату. Різницю у вмісті жирних кислот з обох екстрактів становили їх аніонні складові.

Концентрацію неестерифікованих жирних кислот за методикою [91] у досліджуваному біологічному матеріалі (бджолиному обніжжі, тканинах бджіл і бджолиних стільниках) визначали шляхом екстракції ліпідів сумішшю хлороформ-метанол (2:1 за об'ємом). З хлороформового екстракту ліпідів за

допомогою розчину метилату натрію в метанолі виділяли неестерифіковані жирні кислоти. Виділені жирні кислоти метилювали метанолом у присутності каталізатора – хлористого ацетилу. Отримані метилові естери жирних кислот вводили у випаровувач газорідного хроматографічного апарату.

Вміст естерифікованих жирних кислот за методикою [91] у досліджуваному біологічному матеріалі (бджолиному обніжжі, тканинах бджіл і бджолиних стільниках) визначали шляхом екстракції ліпідів сумішшю хлороформ-метанол (2 : 1 за об'ємом). Звільнені від хлороформу ліпіди розчиняли в гексані. Далі до них додавали розчин метилату натрію в метанолі та після цього сильно струшували. Після розшарування вмістимого пробірки біля 1 мл верхнього гексанового шару вводили у випаровувач газорідного хроматографічного апарату.

Розділяли метилові естери жирних кислот на газорідному хроматографічному апараті „Chrom-5” (“Laboratorní přístroje”, Praha) за методикою [91]. Для цього нержавіючу сталеву колонку довжиною 3700 мм і внутрішнім діаметром 3 мм заповнювали Chromaton-N-AW, розміром частинок 60–80 меш, силанізували HMDS (гексаметилдисилізаном) та покривали полідіетиленглікольадипінатом (нерухомою рідкою фазою) у кількості 10%. Витрати газу-носія, хімічно чистого та осушеного азоту (рухома фаза) через колонку при вхідному тиску $1,5 \times 10^5$ Па становив близько 65 мл/хв. Горіння полум'я забезпечували воднем (25 мл/хв) і повітрям (380 мл/хв). Ізотермічний режим роботи набивної колонки з полярною рідкою фазою утримували на рівні 196 °C, а випаровувача та детектора – 245 °C. Детектор полум'яно-іонізаційний (FID) [91]. За цих умов колонка забезпечувала добре розділення метилових естерів жирних кислот (додатки). Ефективність колонки визначена за Мак-Нейр і Бонеллі для загальноприйнятого середнього піка на хроматограмі – метилового естеру пальмітинової кислоти – склала 1820 ± 114 теоретичних тарілок.

Ідентифікацію піків на хроматограмі проводили методом розрахунку “вуглецевих чисел”, а також шляхом використання хімічно чистих, стандартних розчинів метилових естерів жирних кислот. Розрахунок вмісту окремих жирних кислот, за результатами газохроматографічного аналізу – хроматограмах –

проводили за формулою, яка включає в себе поправкові коефіцієнти для кожної із них. Поправкові коефіцієнти знаходили як відношення площ піків (зокрема висот піків) гептадеканової (внутрішній стандарт) та досліджуваної кислот за концентрації 1:1 та ізотермічному режимі роботи газорідинного хроматографічного апарату [91, 225].

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням критерію Стюдента. Вираховували середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниці вважали вірогідними за $p < 0,05$. Для розрахунків використали комп'ютерну програму Origin 6.0, Microsoft Excel.

Висновки до розділу 2

1. Модельні екосистеми мікропопуляцій медоносних бджіл породи карпатська – *Apis mellifera carpatica*, що підібрані на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt. Славське, Сколівського району), передгірної (с. Нижня Стинава, Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів, Пустомитівського району) територій Львівської області, представляють різні природно-кліматичні зони з різною екологічною систуацією.

2. Модельні території, на котрих вибрані мікропопуляції медоносних бджіл для дослідження впливу якості природного довкілля на чистоту продукції бджільництва, представляють усі зони забруднення регіону та цілком відображають екоситуацію у Західній Україні. Гірська мікропопуляційна екосистема розташована в умовно чистій місцевості заходу України, передгірна знаходиться на межі відносно сприятливої та помірно забрудненої зон, лісостепова мікропопуляція бджіл розташована на межі забрудненої та дуже забрудненої зон.

3. Три вибраних модельних території мають різний ступінь антропогенної трансформованості рослинного покриву: гірська територія – лісиста; передгірна –

частково залісена з великою часткою лучних угідь і ріллі, лісостепова – практично знелісена і розорана з невеликою часткою перелогів.

Список використаних джерел до розділу 2

212. Атлас Львівської області. URL: https://geoknigi.com/view_map.php?id=28
213. Галатюк О.Є. Хвороби бджіл та основи бджільництва. Житомир: “Полісся”, 2006. – 286с.
214. Гнатів П. С. Урбанізаційні процеси у Бескидах – історичні та еколого-економічні аспекти. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.16. С. 98–104.
215. Голубець М. А., Гнатів П. С., Козловський М. П. та ін. Концептуальні засади сталого розвитку гірського регіону. Львів: Поллі, 2007. 288 с.
216. Дідух Я. П. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Український ботанічний журнал*. 2003. Т. 60, № 1. С. 6–17.
217. Довкілля Львівщини : стат. зб. Львів : Головне управління статистики у Львівській області, 2006. 105 с.
218. Екологія України // Урядовий портал. URL: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/category?cat_id=7690940
219. Заставний Ф. Україна. Природа, населення, економіка. Львів : Априорі, 2011. 504 с.
220. Карта общей загрязненности окружающей среды Украины. 13.07.2015. URL: <https://www.imbf.org/karty/karta-obshchey-zagryaznennosti-okrujayushchey-sredy-ukrainy.html>
221. Навколишнє середовище (Статистична інформація). Головне управління статистики у Львівській області. URL: https://www.lv.ukrstat.gov.ua/ukr/si/metod_15.php?ind_page=si&vid=1&ozn_news=46&code=22&show2=1
222. Статистичний щорічник Львівської області за 2012 рік. Львів : ГУС у Львівській області, 2013. Ч. II. 271 с.
223. Україна. Екологічна ситуація / Забруднення природного середовища. 1:12 000 000 / Ін-т географії НАН України, Укргеодезкартографія; авт.: В. А. Барановський та ін.; ред. В. В. Радченко. 1:2 000 000. Київ:

- Укргеодезкартографія, 1996. 4к. (1 арк).
224. Україна. Екологічні проблеми атмосферного повітря / Підгот. до вид. Київ. військ.-картогр. ф-кою в 2000 р.; авт. В. А. Барановський. 1:2 000 000. Київ: ВКФ ТС ЗС України, 2000. 3 к. (1 арк.).
225. Ackman R. G. Gas liquid chromatography of fatty acids and esters. *Methods in enzymology*. 1969. Vol. 14, № 1. P. 329–381.

Розділ 3

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ЖИРНИХ КИСЛОТ У ПИЛКУ КУЛЬБАБИ ЛІКАРСЬКОЇ ТА ЯБЛУНІ ДОМАШНЬОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХНЬОГО МІСЦЕОСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ

3.1. Вміст важких металів

Модельні регіони, де розташовані пасіки, істотно відрізняються за ступенями загального забруднення довкілля і забруднення ґрунтів важкими металами. Це не може не впливати на зміну кількості важких металів у компонентах природного середовища, зокрема у рослинах.

Нашими дослідженнями встановлено, що в пилку кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів гірської мікропопуляційної екосистеми, є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію (табл. 3.1).

Із наведених у таблиці даних видно також, що в пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні, міститься найбільша кількість усіх згадуваних вище важких металів. Особливо вагомо збільшилася кількість Кадмію у пилку – у три рази, порівняно з умовно чистим гірським довкіллям.

Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення довкілля на досліджуваних територіях. Високий рівень Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію у повітрі і ґрунтах є причиною збільшення його концентрації в пилку з кульбаби лікарської, отриманого із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій модельних територіях. Все це є наслідком більшої урбанізації та індустріалізації досліджених районів.

Проте, вміст досліджених важких металів у пилку з кульбаби, отриманого із вуликів модельних територій знаходиться у межах гранично-допустимих

концентрацій, визначених чинним на даний час державним стандартом (ДСТУ 3127 : 1995).

Таблиця 3.1

Концентрація важких металів у пилку кульбаби лікарської, отриманого з модельних вуликів, мг/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Хімічний елемент і його символ	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	32,04±1,101	40,27±1,010**	49,95±1,144***
Цинк, Zn	43,54±0,773	52,70±1,169**	62,51±0,803***
Купрум, Cu	3,34±0,181	4,80±0,307*	6,57±0,338**
Хром, Cr	2,99±0,124	5,20±0,171***	7,81±0,146***
Нікол, Ni	0,46±0,029	0,62±0,029*	0,90±0,043**
Плюмбум, Pb	1,05±0,083	1,87±0,047**	2,53±0,104***
Кадмій, Cd	0,04±0,006	0,08±0,008*	0,13±0,008**

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

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

Нашими дослідженнями встановлено, що в пилку яблуні домашньої, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів гірської мікропопуляційної екосистеми, також є вірогідно більша концентрація Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію (табл. 3.2).

Із представлених у таблиці даних видно також, що в пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні, також міститься найбільша кількість важких металів. Особливо вагомо збільшилася кількість небезпечного елемента першого класу токсичності Кадмію у пилку – у три-сім разів, порівняно з умовно чистим гірським та передгірним довкіллям. Також помітно збільшилася концентрацію Хрому – елемента другого класу токсичності (у три рази).

Таблиця 3.2

Вміст важких металів у пилку яблуні домашньої, отриманого з модельних вуликів, мг/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Хімічний елемент і його символ	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	14,24±0,511	18,58±0,751**	24,00±0,513***
Цинк, Zn	16,51±0,527	22,94±0,595**	28,70±0,638***
Купрум, Cu	1,23±0,049	1,91±0,060***	2,83±0,077***
Хром, Cr	1,21±0,072	2,09±0,081**	3,00±0,113***
Нікол, Ni	0,12±0,011	0,19±0,014*	0,30±0,020**
Плюмбум, Pb	0,43±0,024	0,62±0,032**	1,01±0,052***
Кадмій, Cd	0,01±0,003	0,03±0,003*	0,07±0,005**

Слід звернути увагу, що кульбаба лікарська є значно активнішим акумулятором важких металів у пилку, порівняно з яблунею домашньою. Практично усі важкі метали в середньому у двічі більшій кількості нагромаджуються у кульбабі, ніж у яблуні.

3.2. Вміст аніонних, неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської

Нашими дослідженнями встановлено, що в пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком кульбаби, відібраного з вуликів гірської мікропопуляційної екосистеми, змінюється вміст аніонних і неестерифікованих форм жирних кислот, а також естерифікованих жирних кислот.

Загальновідомо, що кількісно-якісні зміни жирнокислотного складу ліпідів впливають на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболичну та, загалом, біотичну цінність пилку з кульбаби лікарської [1, 13, 39].

Нашими дослідженнями встановлено, зокрема, що загальна концентрація аніонних форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком з вуликів гірської мікропопуляційної екосистеми, є більшою (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Вміст аніонних жирних кислот у з пилку кульбаби лікарської, отриманого з модельних вуликів, мг/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Капринова, 10:0	23,4±0,52	26,2±0,52*	28,1±0,43**
Лауринова, 12:0	88,3±1,91	94,7±1,30**	98,9±0,86**
Міристинова, 14:0	6,6±0,20	7,6±0,23*	8,3±0,18**
Пентадеканова, 15:0	0,2±0,03	0,4±0,03*	0,5±0,01**
Пальмітинова, 16:0	216,9±1,58	222,5±1,27**	227,1±1,18**
Пальмітоолеїнова, 16:1	7,6±0,11	8,2±0,14*	8,7±0,08**
Стеаринова, 18:0	94,5±1,30	99,6±1,49**	104,9±0,83**
Олеїнова, 18:1	156,8±2,89	164,9±1,41**	171,7±1,62*
Лінолева, 18:2	511,8±2,02	518,4±1,01*	525,5±2,36*
Ліноленова, 18:3	1103,0±6,83	1120,7±2,47**	1129,8±2,00*
Загальний вміст аніонних жирних кислот	2209,1	2263,2	2303,5
У т. ч. насичені	429,9	451,0	467,8
Моно ненасичені	164,4	173,1	180,4
Полі ненасичені	1614,8	1639,1	1655,3
ω-3/ω-6	2,16	2,16	2,15

Збільшення концентрації аніонних форм жирних кислот у з пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, може свідчити про зменшення в ньому кількості неестерифікованих форм жирних кислот.

Загальновідомо, що зменшення кількості неестерифікованих форм жирних кислот може призводити до зниження енергетичної, атрактивної та функціонально-метаболическої цінності бджолиного обніжжя [101, 127, 141, 162]. Важливим є те, що аніонні форми жирних кислот, на відміну від неестерифікованих, є малодоступними для організму медоносних бджіл.

Вищий рівень аніонних форм жирних кислот у з пилку кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах заходу України, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, в основному зумовлений більшим вмістом у їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 450,6 і 467,3 проти 429,7 мг/кг повітряно-сухої маси) та непарною (0,4 і 0,5 проти 0,2) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (8,2 і 8,7 проти 7,6) і ω -9 (164,9 і 171,7 проти 156,8) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (1120,7 і 1129,8 проти 1103,0) і ω -6 (відповідно 518,4 і 525,5 проти 511,8 мг/кг повітряно-сухої маси).

Відношення вмісту аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω -6 практично не залежить від фізико-географічних умов та екоситуації на територіях розміщення модельних мікропопуляційних екосистем і становить відповідно 2,16, 2,16 і 2,15.

У пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком кульбаби, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, достовірно збільшується концентрація таких аніонних форм насичених жирних кислот, як капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова; таких мононенасичених, як пальмітоолеїнова та олеїнова; таких поліненасичених, як лінолева та ліноленова.

Наукові джерела [192, 222] повідомляють, що неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш активними у метаболічному відношенні.

Нашими дослідженнями встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської,

отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів гірської мікропопуляційної екосистеми, є менший (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Рівень неестерифікованих форм жирних кислот у з пилку кульбаби лікарської, отриманого з модельних вуликів, мг/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Капринова, 10:0	29,0±0,60	26,0±0,46*	24,7±0,40**
Лауринова, 12:0	110,4±2,19	98,4±2,15*	91,6±1,56**
Міристинова, 14:0	8,7±0,26	7,2±0,34*	6,4±0,34**
Пентадеканова, 15:0	0,6±0,05	0,3±0,03*	0,1±0,03**
Пальмітинова, 16:0	247,8±3,12	229,8±2,46*	208,7±5,05**
Пальмітоолеїнова, 16:1	8,7±0,26	7,6±0,23*	6,7±0,20**
Стеаринова, 18:0	136,2±1,47	125,0±2,95*	115,6±2,22**
Олеїнова, 18:1	201,8±5,69	176,3±3,52*	160,4±4,53**
Лінолева, 18:2	628,6±5,02	608,2±5,36*	590,2±4,56**
Ліноленова, 18:3	1468,4±5,40	1446,2±5,08*	1426,7±4,53**
Загальна кількість неестерифікованих жирних кислот	2840,2	2725,0	2633,1
У т. ч. насичені	532,7	486,7	447,0
мононенасичені	210,5	183,9	167,1
поліненасичені	2097,0	2054,4	2016,9
ω-3/ω-6	2,33	2,37	2,41

Найменший загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот виявлено у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні.

Менша загальна кількість неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена насиченими жирними кислотами з парною (відповідно 486,7 і 447,1 проти 532,7 мг/кг повітряно-сухої маси) і непарною (0,3 і 0,1 проти 0,6) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасиченими жирними кислотами родин ω -7 (7,6 і 6,7 проти 8,7) і ω -9 (176,3 і 160,4 проти 201,8) та поліненасиченими жирними кислотами родин ω -3 (1446,2 і 1426,7 проти 1468,4) і ω -6 (відповідно 608,2 і 590,2 проти 628,6 мг/кг повітряно-сухої маси). При цьому відношення вмісту неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до неестерифікованих форм поліненасичених родини ω -6 становить відповідно 2,37 і 2,41 проти 2,33 у відносно чистій гірській зоні. Таке співвідношення кислот вказує на те, що із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля і проникнення важких металів у рослини знижується активність десатураз у пилку з кульбаби лікарської.

Зменшення загального вмісту неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, може вказувати на зниження енергетичної ресурсів організму медоносних бджіл.

Як відомо з літератури [39, 67, 241, 248, 256], неестерифіковані форми жирних кислот є найбільше доступним для бджіл ресурсом енергії.

З-поміж органічних речовин рослинного пилку, які привертають особливу увагу медоносних бджіл, є жирні кислоти. Зокрема, коротколанцюгові (10 і менше атомів Карбону в ланцюгу) та довголанцюгові (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) жирні кислоти бджолиного обніжжя володіють атрактантними властивостями [28, 39, 99, 123, 258].

Встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот, які володіють атрактантними властивостями, у пилку з кульбаби лікарської,

отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком кульбаби, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (коротколанцюгових жирних кислот відповідно 26,0 і 24,7 проти 29,0 та довголанцюгових жирних кислот відповідно 2355,7 і 2292,9 проти 2435,0 мг/кг повітряно-сухої маси). Найбільше він зменшується у пилку кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні.

Таким чином, на територіях з високою інтенсивністю техногенного навантаження і підвищеною щільністю забруднення важкими металами зменшуються атрактантні властивості пилку з кульбаби лікарської.

Нашими дослідженнями встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленої кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 2355,1 і 2293,6 проти 2438,2 мг/кг повітряно-сухої маси). Найвагомніше він зменшується у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні.

У бджолиному обніжжі є дуже високий загальний вміст легкодоступних неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот – пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленої. Дуже високий вміст ненасичених жирних кислот у бджолиному обніжжі може сприяти зростанню проникливості його структурних складових для води та водорозчинних речовин [162, 243]. Він може сприяти зростанню проникності для наведених вище речовин також тканин організму медоносних бджіл [39, 132].

Нашими дослідженнями встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 2238,3 і 2184,0 проти 2307,5

мг/кг повітряно-сухої маси). Найбільше він зменшується у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні.

З таблиці 3.4 видно, що у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих форм насичених жирних кислот, як капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

Нашими дослідженнями встановлено, що в пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст естерифікованих жирних кислот. Це впливає на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболичну, а отже і загальнобіотичну цінність пилку з наведеного вище виду рослини [11, 248].

В енергетичному відношенні ліпіди є набагато ціннішими від білків та вуглеводів [7, 28, 33]. Наукові джерела [39, 101, 243, 244] свідчать, що чим більша кількість естерифікованих жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених) є у пилку, тим більша його енергетична цінність для організму медоносних бджіл.

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст насичених, мононенасичених і поліненасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (табл. 3.5). Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні.

Менша кількість насичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком кульбаби,

відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена нижчим рівнем в їх складі жирних кислот з парною (відповідно 11,09 і 10,27 проти 12,09 г/кг повітряно-сухої маси) та непарною (0,01 і сліди проти 0,02) кількістю атомів Карбону в ланцюгу. Менша кількість мононенасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, яка росте на наведених вище територіях, зумовлена жирними кислотами родин ω -7 (відповідно 0,14 і 0,12 проти 0,18 г/кг повітряно-сухої маси) і ω -9 (4,38 і 4,14 проти 4,66), а поліненасичених жирних кислот – жирних кислот родин ω -3 (28,41 і 27,86 проти 29,57) і ω -6 (відповідно 13,29 і 12,88 проти 13,72 г/кг повітряно-сухої маси). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 при цьому становить відповідно 2,13 і 2,16 проти 2,15. Це призводить до зміни енергетичної, атрактивної та біологічної цінності пилку з кульбаби лікарської для організму медоносних бджіл.

Загальний вміст коротколанцюгових (10 і менше атомів Карбону в ланцюгу) і довголанцюгових (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) естерифікованих жирних кислот, які виконують атрактивну функцію, у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший. Зокрема вміст коротколанцюгових естерифікованих жирних кислот у них становить відповідно 0,63 і 0,55 проти 0,73 г/кг повітряно-сухої маси, а довголанцюгових – 48,98 і 47,53 проти 54,08 г/кг повітряно-сухої маси. Найбільше зменшується їх вміст у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленої кислот загальних ліпідів, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший

(відповідно 48,85 і 47,40 проти 51,10 г/кг повітряно-сухої маси). Найбільше зменшується їх вміст у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Таблиця 3.5

Кількість естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з модельних вуликів, г/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Капринова, 10:0	0,73±0,024	0,63±0,020*	0,55±0,012**
Лауринова, 12:0	2,42±0,082	2,14±0,052*	1,97±0,040**
Міристинова, 14:0	0,16±0,008	0,12±0,008*	0,09±0,005**
Пентадеканова, 15:0	0,02±0,003	0,01±0,000*	Сліди
Пальмітинова, 16:0	5,63±0,098	5,29±0,086*	5,01±0,057**
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,18±0,01	0,14±0,006*	0,12±0,006**
Стеаринова, 18:0	3,13±0,043	2,9±0,069*	2,65±0,055**
Олеїнова, 18:1	4,66±0,063	4,38±0,059*	4,14±0,073**
Лінолева, 18:2	13,72±0,080	13,29±0,139	12,88±0,063**
Ліноленова, 18:3	29,57±0,540	28,41±0,208	27,86±0,124*
Загальна кількість естерифікованих жирних кислот	60,22	57,31	55,27
У т. ч. насичені	12,09	11,09	10,27
мононенасичені	4,84	4,52	4,26
поліненасичені	43,29	41,70	40,74
ω-3/ω-6	2,15	2,13	2,16

Наші дослідження показують, що вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот (пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової) у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший

(відповідно 46,22 і 45,00 проти 48,13 г/кг повітряно-сухої маси). Найбільше зменшується їх вміст у пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Дуже високий вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської може сприяти зростанню проникливості його структурних складових для води та водорозчинних речовин [11, 28, 101, 244]. Він також може сприяти зростанню проникливості для наведених вище речовин тканин організму медоносних бджіл [7, 33, 39, 243, 248].

З таблиці 3.5 видно, що в пилку з кульбаби лікарської, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах заходу України, порівняно з пилком із кульбаби лікарської, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується концентрація таких насичених естерифікованих жирних кислот, як капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

У результаті проведених досліджень нами встановлено, що в результаті збільшення техногенного навантаження на довкілля і накопичення важких металів у компонентах екосистеми, зокрема у медоносних рослинах, якою є кульбаба лікарська, знижується енергетична, атрактивна, функціонально-метаболична та загальнобіотична цінність жирних кислот пилку для організму медоносних бджіл.

3.3. Вміст аніонних, неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у пилку з яблуні домашньої

Нашими дослідженнями встановлено, що в пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст аніонних і неестерифікованих форм жирних кислот, а також естерифікованих жирних кислот. Це, на думку авторів досліджень [39, 243, 248], позитивно

впливає на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболичну та загальнобіотичну цінність пилку медоноса яблуні домашньої.

Зокрема, нами встановлено, що загальна концентрація аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах заходу України, порівняно з пилком яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є більшою (табл. 3.6). Підвищення концентрації аніонних форм жирних кислот у пилку яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах, може свідчити про зменшення в ньому кількості неестерифікованих форм жирних кислот.

Зменшення кількості неестерифікованих форм жирних кислот може вказувати на зниження енергетичної, атрактивної та функціонально-метаболичної цінності бджолиного обніжжя. Це пов'язано з тим, що аніонні форми жирних кислот, на відміну від неестерифікованих, є малодоступними для організму медоносних бджіл [11, 28, 244].

Вищий вміст аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, в основному зумовлений більшим вмістом у їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 204,3 і 213,2 проти 191,9 мг/кг повітряно-сухої маси) та непарною (0,6 і 0,7 проти 0,4) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (5,3 і 6,3 проти 4,6) і ω -9 (87,8 і 90,8 проти 84,7) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (583,5 і 558,6 проти 577,1) і ω -6 (відповідно 238,8 і 244,0 проти 233,9 мг/кг повітряно-сухої маси).

Відношення вмісту в пилку аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до аніонних поліненасичених родини ω -6 має тенденцію до зменшення від гірських умов до рівнинних і становить у лісостеповій зоні 2,41, передгірній 2,44 і проти 2,46 в умовно чистій гірській.

У пилку з яблуні домашньої, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах заходу України, порівняно з пилком яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, істотно збільшується

концентрація таких аніонних форм насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова; таких мононенасичених, як пальмітоолеїнова та олеїнова; таких поліненасичених, як лінолева та ліноленова.

Таблиця 3.6

Вміст аніонних форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з модельних вуликів, мг/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	6,5±0,12	7,0±0,06*	7,2±0,05**
Капринова, 10:0	14,6±0,26	15,7±0,26*	16,7±0,23**
Лауринова, 12:0	49,5±1,06	53,5±0,78*	56,0±0,55**
Міристинова, 14:0	4,5±0,15	5,0±0,12*	5,4±0,08**
Пентадеканова, 15:0	0,4±0,03	0,6±0,03*	0,7±0,03**
Пальмітинова, 16:0	98,9±1,30	103,7±0,75*	106,6±0,80**
Пальмітоолеїнова, 16:1	4,6±0,17	5,3±0,23*	6,3±0,26**
Стеаринова, 18:0	17,9±0,40	19,4±0,34*	21,3±0,51**
Олеїнова, 18:1	84,7±0,75	87,0±0,83*	90,8±0,66**
Лінолева, 18:2	233,9±1,41	238,8±0,95*	244,0±1,03**
Ліноленова, 18:3	577,1±1,50	583,5±1,21*	588,6±1,35**
Загальна концентрація аніонних жирних кислот	1092,6	1120,3	1143,6
У т. ч. насичені	192,3	204,9	213,9
мононенасичені	89,3	93,1	97,1
поліненасичені	811,0	822,3	832,6
ω-3/ω-6	2,46	2,44	2,41

Встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм каприлової, капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот, які

забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 1141,74 і 1109,13 проти 1182,14 мг/кг повітряно-сухої маси). Найбільше він зменшується у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні.

У бджолиному обніжжі є дуже високий загальний вміст легкодоступних неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот – пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової. Дуже високий вміст ненасичених жирних кислот у бджолиному обніжжі може сприяти зростанню проникливості його структурних складових для води та водорозчинних речовин [13, 28]. Він може сприяти зростанню проникливості для наведених вище речовин також тканин організму медоносних бджіл [11, 39, 257].

Встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 1056,65 і 1029,76 проти 1090,65 мг/кг повітряно-сухої маси).

Найбільше він зменшується у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

Неестерифіковані форми жирних кислот є найактивнішими. Нами встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (табл. 3.7). Найменший загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот виявлено у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Таблиця 3.7

Рівень неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з модельних вуликів, мг/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	8,96±0,145	8,40±0,115*	7,90±0,115**
Капринова, 10:0	19,96±0,808	17,66±0,352	16,40±0,288*
Лауринова, 12:0	68,30±1,212	64,36±1,052	60,00±1,270**
Міристинова, 14:0	5,83±0,145	5,30±0,115*	4,80±0,115**
Пентадеканова, 15:0	0,63±0,033	0,46±0,033*	0,36±0,033**
Пальмітинова, 16:0	137,3±1,159	132,53±1,068*	128,90±0,866**
Пальмітоолеїнова, 16:1	5,73±0,088	5,33±0,088*	4,93±0,088**
Стеаринова, 18:0	23,46±0,688	21,43±0,497	19,70±0,346**
Олеїнова, 18:1	112,46±1,277	108,23±1,039	104,00±1,214**
Лінолева, 18:2	290,86±4,122	281,76±1,270	275,83±1,602*
Ліноленова, 18:3	681,60±6,264	661,33±5,304	645,00±3,470**
Загальний вміст неестерифікованих жирних кислот	1354,64	1306,43	1267,51
У т. ч. насичені	264,19	249,90	238,01
мононенасичені	118,09	113,51	108,79
поліненасичені	972,38	943,02	920,71
ω-3/ω-6	2,34	2,34	2,33

Менша загальна кількість неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена насиченими жирними кислотами з парною (відповідно 249,5 і 237,7 проти 263,6 мг/кг повітряно-сухої маси) і непарною (0,4 і 0,3 проти 0,6) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасиченими жирними кислотами родин ω-7 (5,3 і 4,9 проти 5,7) і ω-9 (108,2 і 103,9 проти 112,4) та поліненасиченими

жирними кислотами родин ω -3 (661,3 і 644,9 проти 681,6) і ω -6 (відповідно 281,7 і 275,8 проти 290,8 мг/кг повітряно-сухої маси).

При цьому відношення вмісту неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω -6 змінювалося не істотно і становить відповідно 2,34 і 2,33 проти 2,34 у гірських умовах. Останнє вказує на те, що не зважаючи на зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, активність десатураз у пилку з яблуні не змінюється.

Зменшення загального вмісту неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, може вказувати на зниження енергетичних ресурсів для організму медоносних бджіл. Як відомо з літератури [7, 33, 99], неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш доступним для них видом енергії.

Нашими дослідженнями встановлено, що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот, які володіють атрактантними властивостями, у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (коротколанцюгових жирних кислот відповідно 26,06 і 24,30 проти 28,92 та довголанцюгових жирних кислот відповідно 1072,75 і 1044,53 проти 1108,38 мг/кг повітряно-сухої маси). Найістотніше він зменшується у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України. Таким чином, на територіях з високою інтенсивністю техногенного навантаження зменшуються атрактантні властивості пилку з яблуні.

З таблиці 3.7 видно, що у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих форм насичених жирних кислот, як каприлова,

міристинова, пентадеканова й пальмітинова, та такої мононенасиченої жирної кислоти, як пальмітоолеїнова. Крім того, у лісостеповій зоні Заходу України вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих форм насичених жирних кислот, як капринова і лауринова, такої мононенасиченої жирної кислоти, як олеїнова, та таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева і ліноленова.

Наші дослідження показують, що в пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст естерифікованих жирних кислот. Це впливає на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболичну та загальнобіотичну цінність пилку з наведеного вище виду рослини [11, 28, 244].

Загальновідомо [13, 162, 248], що в енергетичному відношенні ліпіди є набагато ціннішими, ніж білки та вуглеводи. Вважається, що чим більша кількість естерифікованих жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених) є у пилку, тим більша його енергетична цінність для організму медоносних бджіл [39, 132].

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст насичених, мононенасичених і поліненасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (табл. 3.8). Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша кількість насичених естерифікованих жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена нижчим рівнем в їх складі жирних кислот з парною (відповідно 5,19 і 4,82 проти 5,66 г/кг повітряно-сухої маси) та непарною (0,01 і сліди проти 0,02) кількістю атомів Карбону в ланцюгу.

Таблиця 3.8

Вміст естерифікованих жирних кислот у пилку з яблуні, отриманого з модельних вуликів, г/кг повітряно-сухої маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,17±0,012	0,14±0,003	0,13±0,005*
Капринова, 10:0	0,43±0,006	0,40±0,008*	0,38±0,005**
Лауринова, 12:0	1,43±0,027	1,31±0,040	1,18±0,026**
Міристинова, 14:0	0,12±0,005	0,09±0,003	0,08±0,026**
Пентадеканова, 15:0	0,02±0,005	0,01±0,000***	Сліди
Пальмітинова, 16:0	2,99±0,049	2,77±0,057*	2,61±0,037**
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,11±0,005	0,09±0,003*	0,07±0,003**
Стеаринова, 18:0	0,52±0,008	0,48±0,008*	0,44±0,008**
Олеїнова, 18:1	2,37±0,092	2,11±0,046	1,94±0,046*
Лінолева, 18:2	6,42±0,127	6,00±0,075*	5,69±0,069**
Ліноленова, 18:3	14,04±0,151	13,27±0,250	12,41±0,205**
Загальний вміст естерифікованих жирних кислот	28,62	26,66	24,93
У т. ч. насичені	5,68	5,20	4,82
мононенасичені	2,48	2,19	2,01
поліненасичені	20,46	19,27	18,10
ω-3/ω-6	2,18	2,21	2,19

Менша кількість мононенасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з яблуні, яка росте на наведених вище територіях, зумовлена жирними кислотами родин ω-7 (відповідно 0,08 і 0,07 проти 0,11 г/кг повітряно-сухої маси) і ω-9 (2,11 і 1,94 проти 2,37), а поліненасичених жирних кислот – жирних кислот родин ω-3 (13,27 і 12,41 проти 14,04) і ω-6 (відповідно 6,00 і 5,69 проти 6,42 г/кг повітряно-сухої маси).

Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених родини ω -6 при цьому становить відповідно 2,21 і 2,19 проти 2,18. Це призводить до несприятливої зміни енергетичної, атрактивної та загальної біотичної цінності пилку з яблуні для організму медоносних бджіл.

Загальний вміст коротколанцюгових (10 і менше атомів Карбону в ланцюгу) і довголанцюгових (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) естерифікованих жирних кислот, які виконують атрактивну функцію, у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший. Зокрема вміст коротколанцюгових естерифікованих жирних кислот у них становить відповідно 0,54 і 0,51 проти 0,60 г/кг повітряно-сухої маси, а довголанцюгових – 21,86 і 20,48 проти 23,35 г/кг повітряно-сухої маси. Найбільше зменшується їх вміст у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Виявлено, що вміст каприлової, капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленої кислот загальних ліпідів, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком із яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 23,23 і 21,73 проти 24,86 г/кг повітряно-сухої маси). Найвагомніше зменшується їх вміст у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Встановлено, що вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот (пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленої) у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 21,47 і 20,11 проти 22,94 г/кг повітряно-сухої маси). Найбільше зменшується їх вміст у пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Дуже високий вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з яблуні може сприяти зростанню проникливості його структурних складових для води та водорозчинних речовин [7, 33]. Він також може сприяти зростанню проникливості для наведених вище речовин тканин організму медоносних бджіл [13, 28, 162].

З таблиці 3.8 видно, що в пилку з яблуні, отриманого з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується концентрація таких насичених естерифікованих жирних кислот, як капринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, такої мононенасиченої жирної кислоти, як пальмітоолеїнова, і такої поліненасиченої жирної кислоти, як лінолева. Крім того, у лісостеповій зоні Заходу України вірогідно зменшується концентрація такої насиченої естерифікованої жирної кислоти, як каприлова, такої мононенасиченої жирної кислоти, як олеїнова, і такої поліненасиченої жирної кислоти, як ліноленова.

Отже, в результаті меншого техногенного навантаження на довкілля гірської зони зростає енергетична, атрактивна, функціонально-метаболична та загальнобіотична цінність жирних кислот пилку з яблуні для організму медоносних бджіл.

Висновки до розділу 3

1. У пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої, отриманого із вуликів модельних мікропопуляцій передгірної та, особливо, лісостепової зони Заходу України, порівняно з гірською, в наслідок більшої урбанізації та індустріалізації ландшафтів зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та, особливо, Кадмію.

2. У бджолиному обніжжі модельних мікропопуляцій у напрямку від гірської до лісостепової зони зростає вміст аніонних насичених жирних кислот із парною й непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених

жирних кислот родин ω -7 і ω -9 і поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 та зменшується концентрація неестерифікованих жирних кислот.

3. У пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої, отриманих із вуликів передгірної та, особливо, лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською за рахунок насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 зменшується вміст естерифікованих жирних кислот.

4. У напрямку від гірської до передгірної та лісостепової модельних мікропопуляцій істотно знижується загальна енергетична, атрактивна, функціонально-метаболична та загальна біотична цінність пилку з кульбаби та яблуні для організму медоносних бджіл. Високий рівень важких металів і аніонних жирних кислот, але низький неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби та яблуні, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, є наслідком урбанізації та індустріалізації території.

Результати отриманих нами досліджень наведені в публікаціях [228–230].

Список використаних джерел до розділу 3

226. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Тяжёлые металлы как супертоксиканты XXI века. Москва : РУДН, 2002. 140 с.
227. Кашина Г. В. Эколого-токсикологические основы защиты медоносных пчел от болезней и вредителей : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра биол. наук : спец. 03.00.16 «Сельское и лесное хозяйство». Красноярск, 2009. 39 с.
228. Клим О. Я. Інтенсивність нагромадження важких металів у бджолиному обніжжі в різних природних зонах Карпатського регіону. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених *«Актуальні проблеми агропромислового*

- виробництва України», с. Оброшине, 9 листоп. 2017 р. Львів-Оброшине, 2017. С. 26–27.*
229. Клим О. Я. Концентрація жирних кислот і важких металів у пилку з яблуні в різних природних зонах Карпатського регіону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 145–159.
230. Клим О. Я. Вміст жирних кислот і важких металів у пилку з кульбаби лікарської у різних природно-екологічних зонах Карпатського регіону. Науково–технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН. Львів, 2017. Вип. 18, № 1. С. 53–63.
231. Маннапов А. Н, Забал А. М., Ларионова О. С. Влияние пыльцы трансгенной груши на пчел. *Пчеловодство*. 2011. № 5. С. 20–22.
232. Разанов С. Ф. Забруднення важкими металами відходів бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2009. Спец. випуск, червень. С. 272–274.
233. Технологія виробництва, зберігання та переробки продукції бджільництва / С. О. Петренко та ін. Одеса : Бондаренко М. О., 2018. 556 с.
234. Fatty acid composition and palynological analysis of bee (*Apis*) pollen loads in the states of Sao Paulo and Minas Gerais, Brazil / D. H. Markowicz Bastos et al. *Journal of Apicultural Research*. 2004. Vol. 43, № 2. P. 35–39.
235. Manning R. Fatty acid composition of pollen and the effect of two dominant fatty acids (linoleic and oleic) in pollen and flour diets on longevity and nutritional composition of honey bees (*Apis mellifera*). *Australasian Digital Theses Program*, 2006. URL: <http://researchrepository.murdoch.edu.au/vital/access/manager/Repository/wmdu:495>. (Last accessed: 15.07.2018).
236. Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*. 2003. Vol. 38. P. 63–70.

Розділ 4

КОНЦЕНТРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ, ВМІСТ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ФОСФОЛІПІДІВ В ТКАНИНАХ БДЖІЛ

4.1. Концентрація важких металів у тканинах бджіл

Присутність підвищених концентрацій поллютантів у довкіллі зумовлює активніше проникнення їх у рослини-медоноси і, як показали наші дослідження [228-230], у пилок, що становить основу бджолиного обніжжя. Вірогідно можна очікувати, що такі біоактивні поллютанти, як важкі метали – мікроелементи живлення рослин, рухаючись екологічними ланцюгами, повинні проникати і в організми комах. Тому наступним нашим завданням було дослідження концентрації важких металів, у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України.

Нами встановлено, що в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, є достовірно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію (табл. 4.9). Із наведених у таблиці даних видно також, що в тканинах черевця медоносних бджіл лісостепової зони міститься найбільша у досліджах кількість хімічних елементів.

Отримані параметри підтверджують вищий рівень техногенного забруднення територій у досліджуваних природних зонах Заходу України.

За нашими дослідженнями в тканинах грудей медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, є достовірно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію (табл. 4.9). Із наведених у таблиці даних видно, що в тканинах грудей, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, міститься найбільша досліджена нами кількість хімічних елементів.

Таблиця 4.9

Вміст важких металів у тканинах органів бджіл, відібраних з модельних вуликів, мг/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Важкий метал та його символ	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Тканини черевця			
Ферум, Fe	48,63±1,498	61,68±1,606**	74,46±1,426***
Цинк, Zn	77,04±1,497	88,62±1,536*	100,70±2,632**
Купрум, Cu	0,36±0,014	0,44±0,014*	0,56±0,014***
Хром, Cr	2,53±0,077	3,06±0,084*	3,58±0,104**
Нікол, Ni	2,97±0,064	3,27±0,093*	4,02±0,084***
Плюмбум, Pb	0,94±0,038	1,15±0,041*	1,41±0,055**
Кадмій, Cd	0,11±0,012	0,15±0,006*	0,19±0,012**
Тканини грудей			
Ферум, Fe	37,36±0,355	40,68±0,924*	48,16±1,071***
Цинк, Zn	18,31±0,653	22,68±0,894*	30,39±0,804***
Купрум, Cu	2,05±0,086	2,73±0,056**	3,05±0,075***
Хром, Cr	3,15±0,040	3,41±0,061*	4,08±0,125**
Нікол, Ni	4,10±0,064	4,62±0,119*	5,25±0,144**
Плюмбум, Pb	0,82±0,020	0,95±0,032*	1,18±0,049**
Кадмій, Cd	0,04±0,003	0,05±0,003*	0,08±0,003**
Тканини голови			
Ферум, Fe	27,72±0,398	29,88±0,633*	34,51±0,909**
Цинк, Zn	31,24±0,705	35,50±0,510**	42,33±0,950***
Купрум, Cu	9,13±0,609	13,61±0,405**	16,94±0,538***
Хром, Cr	7,13±0,182	7,94±0,148*	9,04±0,251**
Нікол, Ni	1,19±0,049	1,40±0,046*	1,69±0,055**
Плюмбум, Pb	0,87±0,040	1,18±0,037**	1,65±0,052***
Кадмій, Cd	0,04±0,003	0,07±0,005**	0,11±0,006***

Отримані нами результати вказують на підвищений рівень техногенного забруднення територій лісостепової частини Заходу України.

За нашими дослідженнями в тканинах голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію (табл. 4.9).

Із наведених у таблиці даних видно також, що в тканинах голови бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, міститься найбільша кількість згадуваних вище важких металів. Проведені нами дослідження підтверджують різний рівень техногенного забруднення територій у досліджуваних природних зонах Заходу України. Динаміка зростання концентрації важких металів у тканинах та органах бджіл є аналогічною до динаміки нагромадження хімічних елементів у бджолиному обніжжі.

4.2. Концентрація жирних кислот і жирнокислотний склад фосфоліпідів у тканинах органів медоносних бджіл

Наступним нашим завданням було дослідження концентрації аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот, естерифікованих жирних кислот і жирнокислотного складу фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України.

4.2.1. Жирні кислоти і фосфоліпіди у тканинах черевця медоносних бджіл

У тканинах черевця медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, змінюється вміст аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот (табл. 4.10; 4.11; 4.12).

Таблиця 4.10

Рівень аніонних жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, відібраних з модельних вуликів, мг/кг сирі маси ($M \pm m$, $n=3$)

Кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	3,2±0,115	3,6±0,066*	3,7±0,088*
Капринова, 10:0	1,3±0,057	1,6±0,057*	1,7±0,057**
Лауринова, 12:0	1,5±0,115	1,9±0,057*	2,0±0,057*
Міристинова, 14:0	1,8±0,115	2,2±0,066*	2,3±0,088*
Пентадеканова, 15:0	3,0±0,115	3,4±0,057*	3,5±0,088*
Пальмітинова, 16:0	42,1±1,647	43,4±1,763**	44,3±1,934**
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,7±0,115	3,1±0,057*	3,2±0,033**
Стеаринова, 18:0	47,4±1,625	52,3±0,837**	53,5±0,768*
Олеїнова, 18:1	145,5±4,680	156,6±1,386**	159,4±0,841*
Лінолева, 18:2	104,5±4,074	114,2±1,128**	116,1±0,982**
Ліноленова, 18:3	137,3±4,214	147,3±1,126**	149,8±0,926*
Арахінова, 20:0	5,7±0,173	6,3±0,115*	6,4±0,145*
Ейкозаєнова, 20:1	8,2±0,260	9,0±0,115**	9,3±0,120*
Ейкозациєнова, 20:2	8,5±0,260	9,4±0,120*	9,7±0,100*
Ейкозатриєнова, 20:3	8,2±0,260	9,0±0,088*	9,3±0,100*
Арахідонова, 20:4	104,6±4,046	115,4±1,128*	116,9±1,214*
Ейкозапентаєнова, 20:5	78,4±2,804	86,3±1,109**	88,1±0,966*
Докозациєнова, 22:2	8,9±0,317	10,0±0,233**	10,5±0,218*
Докозатриєнова, 22:3	9,1±0,317	10,2±0,202*	10,7±0,317*
Докозатетраєнова, 22:4	9,6±0,375	11,0±0,375**	11,8±0,461*
Докозапентаєнова, 22:5	15,0±0,433	16,8±0,491*	17,5±0,497*
Докозагексаєнова, 22:6	17,1±0,491	18,9±0,433*	19,6±0,346*
Загальна концентрація аніонних жирних кислот	763,6	831,9	849,3
У т. ч. насичені	106,0	114,7	117,4
мононенасичені	156,4	168,7	171,9
поліненасичені	501,2	548,5	560,0
ω-3/ω-6	10,5	10,7	10,4

Це вагомо впливає, як свідчить наукова література [42, 100, 123, 166, 189, 256], на їх антибактеріальну та антигрибкову активність. Від цього сильно залежить стійкість мікропопуляції бджіл до захворювань і виживання у складних погодних умовах.

Зокрема, вміст аніонних жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є більший. Це зумовлено зв'язуванням жирних кислот катіонами важких металів [53, 68, 129, 170].

Слід зауважити, що найбільший вміст аніонних жирних кислот виявлено у тканинах черевця медоносних бджіл мікропопуляцій у лісостеповій зоні Заходу України, де концентрація важких металів у компонентах екосистем найбільша.

Більша кількість аніонних жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот із парною (відповідно 111,3 і 113,9 проти 103,0 мг/кг сирі маси) і непарною (3,4 і 3,5 проти 3,0) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (3,1 і 3,2 проти 2,7) і ω -9 (165,6 і 168,7 проти 153,7) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (279,5 і 285,7 проти 256,9) і ω -6 (відповідно 259,0 і 274,3 проти 244,3 мг/кг сирі маси).

З таблиці 4.10 видно, що в тканинах черевця медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, достовірно збільшується концентрація таких аніонних насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова й арахінова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова й олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозацианова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозопентаєнова, докозацианова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозопентаєнова та докозагексаєнова.

Зростання вмісту аніонних жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, призводить до зменшення в них кількості найбільш активних жирних кислот – неестерифікованих (табл. 4.11).

Менша кількість неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена меншим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 112,2 і 109,9 проти 122,2 мг/кг сирової маси) і непарною (3,5 і 3,4 проти 4,1) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (2,3 і 2,1 проти 2,6) і ω -9 (145,1 і 137,8 проти 164,4) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (292,2 і 281,9 проти 332,2) і ω -6 (відповідно 278,6 і 267,8 проти 317,8 мг/кг сирової маси).

Неестерифікованим жирним кислотам у тканинах медоносних бджіл притаманна найвища антибактеріальна та антигрибкова активність [68, 170, 189]. Ними володіють такі жирні кислоти: каприлова, капринова, лауринова, пальмітоолеїнова, олеїнова, лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозадеєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова [10, 28].

За нашими дослідженнями, вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно до 724,7 і 695,9 проти 824,6 мг/кг сирової маси). Причому, найістотніше зменшується їх вміст у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Отже, на найбільше забруднених територіях, як лісостепова зона Заходу України, антибактеріальна та антигрибкова активність тканин черевця медоносних бджіл зменшується.

Таблиця 4.11

Вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, мг/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	3,8±0,173	3,2±0,088*	2,9±0,066*
Капринова, 10:0	1,5±0,057	1,5±0,366**	1,1±0,033**
Лауринова, 12:0	2,2±0,115	1,8±0,057*	1,7±0,057*
Міристинова, 14:0	2,3±0,057	2,0±0,057*	1,9±0,057**
Пентадеканова, 15:0	4,1±0,115	3,6±0,088*	3,5±0,088*
Пальмітинова, 16:0	50,5±1,713	46,1±0,608**	45,6±0,638**
Пальмітоолеїнова, 16:1	3,2±0,115	2,7±0,066*	2,6±0,057**
Стеаринова, 18:0	56,4±1,530	52,3±0,435**	51,8±0,433*
Олеїнова, 18:1	173,5±5,142	161,4±1,246**	159,2±0,866**
Лінолева, 18:2	124,9±4,014	112,9±1,443*	110,8±1,297*
Ліноленова, 18:3	176,7±5,022	163,4±1,794**	160,5±1,532*
Арахінова, 20:0	7,2±0,202	6,5±0,173**	6,2±0,115*
Ейкозаєнова, 20:1	9,7±0,404	8,4±0,202*	8,0±0,176*
Ейкозациєнова, 20:2	10,7±0,375	9,3±0,296*	8,9±0,251*
Ейкозатриєнова, 20:3	5,0±0,202	4,5±0,173**	4,1±0,120*
Арахідонова, 20:4	136,3±4,561	123,2±1,792**	120,8±1,474*
Ейкозапентаєнова, 20:5	90,6±3,416	81,4±1,707**	78,9±1,488*
Докозациєнова, 22:2	11,6±0,692	9,8±0,230**	9,4±0,230*
Докозатриєнова, 22:3	12,5±0,751	10,4±0,317**	9,9±0,317*
Докозатетраєнова, 22:4	12,5±0,753	10,4±0,317**	9,9±0,233*
Докозапентаєнова, 22:5	20,6±0,896	18,1±0,360**	17,5±0,251*
Докозагексаєнова, 22:6	22,1±1,098	19,5±0,260**	19,0±0,202*
Загальна концентрація неестерифікованих жирних кислот	943,4	833,9	802,9
У т. ч. насичені	126,3	115,7	113,3
мононенасичені	167,0	147,4	139,9
поліненасичені	650,1	570,8	549,7
ω-3/ω-6	10,4	10,4	10,5

Максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність проявляють мононенасичені (пальмітоолеїнова та олеїнова) та особливо поліненасичені (лінолева, ліноленова, ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозадеєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) неестерифіковані жирні кислоти [28, 68]. Виявлено, що екологічні умови медозбору мають значний вплив на загальний вміст мононенасичених і поліненасичених неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл. Так, вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 718,2 і 689,6 проти 817,1 мг/кг сирі маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Довголанцюгові жирні кислоти (18 і більше атомів вуглецю в ланцюгу) у тканинах черевця медоносних бджіл здатні зв'язувати важкі мінеральні елементи, насамперед двовалентні [31, 44, 121]. Зафіксовано, що екологічні умови докільця мають вплив на вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл. Так, вміст довголанцюгових неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 770,5 і 741,4 проти 873,5 мг/кг сирі маси). Найвагомніше зменшується їх вміст у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

З таблиці 4.11 видно, що в тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується концентрація таких неестерифікованих насичених жирних кислот, як каприлова, капринова,

лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахінова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозадеєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (табл. 4.12). Це вказує на зниження енергетичної цінності естерифікованих жирних кислот для організму медоносних бджіл. Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша кількість естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена насиченими жирними кислотами з парною (відповідно 2,30 і 2,17 проти 2,76 г/кг сирової маси) і непарною (0,06 і 0,05 проти 0,08) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасиченими жирними кислотами родин ω -7 (0,05 і 0,04 проти 0,07) і ω -9 (3,56 і 3,48 проти 3,94) та поліненасиченими жирними кислотами родин ω -3 (6,35 і 6,16 проти 7,15) і ω -6 (відповідно 6,00 і 5,76 проти 6,73 г/кг сирової маси). При цьому не змінюється відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (табл. 4.12).

Разом з тим, у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується ефективність перетворень ліноленової кислоти загальних ліпідів в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні (1,16 проти 1,15).

Таблиця 4.12

Вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, г/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,07±0,005	0,04±0,003*	0,04±0,003**
Капринова, 10:0	0,04±0,003	0,02±0,003*	0,02±0,003**
Лауринова, 12:0	0,05±0,003	0,03±0,003*	0,02±0,003**
Міристинова, 14:0	0,06±0,003	0,04±0,003*	0,03±0,003**
Пентадеканова, 15:0	0,08±0,003	0,06±0,003*	0,05±0,003**
Пальмітинова, 16:0	1,13±0,055	0,98±0,023**	0,95±0,026*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,07±0,003	0,05±0,003*	0,04±0,003**
Стеаринова, 18:0	1,25±0,063	1,07±0,042**	1,00±0,034*
Олеїнова, 18:1	3,74±0,132	3,39±0,058**	3,32±0,052*
Лінолева, 18:2	2,65±0,103	2,37±0,026**	2,27±0,033*
Ліноленова, 18:3	3,83±0,155	3,40±0,057**	3,31±0,057*
Арахінова, 20:0	0,16±0,011	0,12±0,005*	0,011±0,005*
Ейкозаєнова, 20:1	0,20±0,005	0,17±0,003*	0,16±0,003**
Ейкозациєнова, 20:2	0,20±0,005	0,17±0,003*	0,16±0,003**
Ейкозатриєнова, 20:3	0,28±0,011	0,24±0,005*	0,22±0,003**
Арахідонова, 20:4	3,04±0,098	2,74±0,040*	2,68±0,043*
Ейкозапентаєнова, 20:5	2,03±0,098	1,78±0,026**	1,74±0,023*
Докозациєнова, 22:2	0,26±0,011	0,22±0,005*	0,19±0,006**
Докозатриєнова, 22:3	0,29±0,011	0,24±0,008*	0,22±0,008*
Докозатетраєнова, 22:4	0,30±0,011	0,26±0,005*	0,24±0,006*
Докозапентаєнова, 22:5	0,50±0,017	0,44±0,008*	0,42±0,006*
Загальний вміст жирних кислот	20,75	18,32	17,66
У т. ч. насичені	2,84	2,36	2,22
мононенасичені	4,01	3,61	3,52
поліненасичені	13,90	12,35	11,92
ω-3/ω-6	10,6	10,5	10,6

Останнє вказує на те, що із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на територію зменшується активність десатураз у тканинах черевця медоносних бджіл.

Нашими дослідженнями встановлено, що загальний вміст насичених і ненасичених жирних кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму, у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно 17,19 і 16,59 проти 19,41 г/кг сирової маси). Найвагомніше зменшується їх вміст у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

У тканинах черевця медоносних бджіл є дуже високий загальний вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот – пальмітоолеїнової, олеїнової, ейкозаєнової, лінолевої, ліноленової, ейкозадиєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозапентаєнової, докозадиєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової. Виявлено, що загальний вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, суттєво зменшується (відповідно 15,96 і 15,44 проти 17,91 г/кг сирової маси).

Зменшення вмісту ненасичених жирних кислот естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл може вказувати на зниження їх функціональної активності щодо пасивного та активного транспорту різноманітних метаболітів.

З таблиці 4.12 видно, що у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких насичених естерифікованих жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова,

пальмітинова, стеаринова та арахінова, таких мононенасичених жирних кислот, як олеїнова та ейкозаєнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозадиєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Наведене вище вказує на те, що в результаті зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля зменшується енергетична, функціонально-метаболична та біологічна цінність естерифікованих жирних кислот для тканин черевця медоносних бджіл.

Встановлено, що в тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст фосфоліпідів.

Зокрема, у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується вміст фосфоліпідів (відповідно $8,39 \pm 0,203^*$ і $6,69 \pm 0,323^{**}$ проти $9,88 \pm 0,480$ г/кг сирової маси). Це впливає на їх функціональну цінність для тканин черевця медоносних бджіл [8, 31, 135].

Виявлено, що в тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється жирнокислотний склад фосфоліпідів. Це впливає на їх функціонально-метаболичну цінність для організму медоносних бджіл [31, 228].

Нами зокрема виявлено, що в жирнокислотному складі фосфоліпідів тканин черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується відносний вміст поліненасичених жирних кислот, але зростає – насичених і мононенасичених (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

Жирнокислотний склад фосфоліпідів тканин черевця медоносних бджіл,
% ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,20±0,006	0,23±0,006*	0,25±0,006**
Капринова, 10:0	0,25±0,011	0,29±0,006*	0,31±0,006**
Лауринова, 12:0	0,36±0,011	0,40±0,006*	0,43±0,003**
Міристинова, 14:0	0,62±0,023	0,70±0,011*	0,74±0,009**
Пентадеканова, 15:0	0,44±0,017	0,50±0,009*	0,52±0,006**
Пальмітинова, 16:0	7,86±0,182	8,34±0,078	8,56±0,053*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,93±0,035	0,93±0,032	0,93±0,038
Стеаринова, 18:0	9,26±0,280	9,96±0,069	10,56±0,260*
Олеїнова, 18:1	21,12±0,334	24,88±0,168***	25,78±0,110***
Лінолева, 18:2	15,84±0,574	14,31±0,273	13,69±0,058*
Ліноленова, 18:3	7,38±0,225	6,80±0,078	6,51±0,075*
Арахінова, 20:0	0,23±0,011	0,27±0,006*	0,29±0,009*
Ейкозаєнова, 20:1	0,20±0,006	0,22±0,006	0,23±0,006*
Ейкозациєнова, 20:2	0,24±0,011	0,20±0,006*	0,18±0,006**
Ейкозатриєнова, 20:3	1,96±0,081	1,71±0,035*	1,62±0,038*
Арахідонова, 20:4	6,83±0,211	6,30±0,058	6,14±0,034*
Ейкозапентаєнова, 20:5	7,12±0,162	6,62±0,082	6,47±0,060*
Докозациєнова, 22:2	0,99±0,035	0,87±0,032	0,80±0,030*
Докозатриєнова, 22:3	1,42±0,069	1,21±0,032	1,14±0,017*
Докозатетраєнова, 22:4	3,00±0,107	2,67±0,055*	2,55±0,035*
Докозапентаєнова, 22:5	6,02±0,205	5,48±0,052	5,35±0,021*
Докозагексаєнова, 22:6	7,73±0,235	7,11±0,067	6,95±0,098*
Загальна концентрація жирних кислот	100,00	100,00	100,00
У т. ч. насичені	19,22	20,69	21,66
мононенасичені	22,25	26,03	26,94
поліненасичені	58,53	53,28	51,40
ω-3/ω-6	1,03	1,04	1,06

Наведене вище вказує на зниження функціонально-метаболічної та біологічної цінності жирних кислот фосфоліпідів для тканин черевця медоносних бджіл.

Найменший вміст поліненасичених жирних кислот фосфоліпідів виявлено у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша відносна кількість поліненасичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами родин ω -3 (відповідно 27,22 і 26,42 проти 29,67%) і ω -6 (відповідно 26,06 і 24,98 проти 28,86%). При цьому в тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зростає відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (табл. 4.13). Наведене вище може вказувати на те, що в тканинах черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, як адаптація зростає вміст ліноленової кислоти та її більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних.

Більша відносна кількість насичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин черевця медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами черевця медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами з парною (відповідно 20,19 і 21,14 проти 18,78%) і непарною (відповідно 0,50 і 0,52 проти 0,44%) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, а мононенасичених – жирними кислотами родин ω -7 (відповідно 0,93 і 0,93 проти 0,90%) і ω -9 (відповідно 25,10 і 26,01 проти 21,32%).

Наведене вище вказує на те, що в результаті зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля у тканинах черевця медоносних бджіл у загальному зменшується вміст фосфоліпідів та погіршується їх жирнокислотний склад.

4.2.2. Жирні кислоти і фосфоліпіди у тканинах грудей медоносних бджіл

Нами досліджені тканини грудей медоносних бджіл. Результати показали, що у бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст аніонних і неестерифікованих жирних кислот, що впливає також на їх антибактеріальну та антигрибкову активність [39, 68].

Зокрема, вміст аніонних жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є більший (табл. 4.14). Це зумовлено зв'язуванням жирних кислот з катіонами, якими є важкі метали [2, 8]. Слід зазначити, що найбільший вміст аніонних жирних кислот виявлено у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Більша кількість аніонних жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 109,5 і 112,1 проти 100,2 мг/кг сирі маси) і непарною (3,8 і 4,0 проти 3,4) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (2,5 і 2,6 проти 2,1) і ω -9 (135,5 і 137,5 проти 126,3) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (284,9 і 290,0 проти 261,2) і ω -6 (відповідно 276,3 і 281,5 проти 251,8 мг/кг сирі маси).

Таблиця 4.14

Рівень аніонних жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл,
мг/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,4±0,033	0,6±0,033*	0,7±0,033**
Капринова, 10:0	0,8±0,033	0,1±0,033***	0,1±0,033***
Лауринова, 12:0	1,3±0,033	1,5±0,033*	1,6±0,033**
Міристинова, 14:0	2,6±0,115	3,0±0,057*	3,1±0,066*
Пентадеканова, 15:0	3,4±0,115	3,8±0,088*	4,0±0,088**
Пальмітинова, 16:0	46,7±1,530	50,8±0,638**	51,9±0,493***
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,1±0,088	2,5±0,057*	2,6±0,088*
Стеаринова, 18:0	43,5±1,504	48,0±0,750**	49,0±0,705***
Олеїнова, 18:1	118,1±3,416	126,3±1,010**	128,0±1,078**
Лінолева, 18:2	100,8±3,875	110,4±1,071**	112,4±1,058***
Ліноленова, 18:3	110,3±3,641	119,0±0,692**	121,1±0,796**
Арахінова, 20:0	4,9±0,173	5,5±0,145*	5,7±0,120**
Ейкозаєнова, 20:1	8,2±0,317	9,2±0,173**	9,5±0,145***
Ейкозациєнова, 20:2	8,5±0,317	9,5±0,173**	9,8±0,173***
Ейкозатриєнова, 20:3	8,3±0,375	9,4±0,145**	9,7±0,120***
Арахідонова, 20:4	114,7±3,334	125,1±1,442*	126,9±1,473***
Ейкозапентаєнова, 20:5	85,5±1,767	91,0±0,982**	92,0±0,669***
Докозациєнова, 22:2	8,2±0,317	9,1±0,145**	9,4±0,120***
Докозатриєнова, 22:3	8,7±0,317	9,7±0,173**	10,1±0,272*
Докозатетраєнова, 22:4	11,3±0,317	12,8±0,433*	13,3±0,440**
Докозапентаєнова, 22:5	26,5±1,992	31,4±0,433**	32,2±0,338***
Докозагексаєнова, 22:6	30,2±1,214	33,8±0,550**	34,6±0,328***
Загальна концентрація аніонних жирних кислот	745,0	812,5	827,7
У т. ч. насичені	103,6	113,3	116,1
мононенасичені	128,4	138,0	140,1
поліненасичені	513,0	561,2	571,5
ω-3/ω-6	10,3	10,3	10,3

Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 у тканинах грудей медоносних бджіл при цьому становить відповідно 10,3 і 10,3 проти 10,3.

З таблиці 4.14 видно, що в тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно збільшується концентрація таких аніонних насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахідова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозациєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Зростання вмісту аніонних жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, призводить до зменшення в них кількості найбільш активних жирних кислот – неестерифікованих (табл. 4.15).

Менша кількість неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена меншим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 112,2 і 109,9 проти 122,2 мг/кг сирової маси) і непарною (3,5 і 3,4 проти 4,1) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (2,3 і 2,1 проти 2,6) і ω -9 (145,1 і 137,8 проти 164,4) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (292,2 і 281,9 проти 332,2) і ω -6 (відповідно 278,6 і 267,8 проти 317,8 мг/кг сирової маси). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 у тканинах грудей медоносних бджіл при цьому становить відповідно 10,4 і 10,5 проти 10,4.

Таблиця 4.15

Вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл,
мг/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,8±0,033	0,6±0,033*	0,5±0,033**
Капринова, 10:0	1,2±0,057	0,9±0,057*	0,8±0,057**
Лауринова, 12:0	1,7±0,115	1,3±0,057*	1,2±0,057*
Міристинова, 14:0	3,2±0,115	2,8±0,057*	2,7±0,033*
Пентадеканова, 15:0	4,1±0,173	3,5±0,088*	3,4±0,057*
Пальмітинова, 16:0	56,3±1,707	52,3±0,375**	51,6±0,440**
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,6±0,305	2,3±0,088**	2,1±0,088**
Стеаринова, 18:0	52,6±1,539	48,6±0,405**	47,8±0,296***
Олеїнова, 18:1	154,3±4,535	136,2±5,064**	129,1±5,548**
Лінолева, 18:2	126,7±4,792	111,1±3,919**	104,5±3,062***
Ліноленова, 18:3	145,9±4,368	128,5±4,581**	123,1±4,716*
Арахінова, 20:0	6,4±0,202	5,7±0,173**	5,3±0,120***
Ейкозаєнова, 20:1	10,1±0,433	8,9±0,145**	8,7±0,145**
Ейкозациєнова, 20:2	11,4±0,375	9,9±0,260*	9,5±0,233**
Ейкозатриєнова, 20:3	10,2±0,433	8,9±0,202**	8,6±0,208**
Арахідонова, 20:4	144,4±4,595	127,1±2,767*	124,4±2,368*
Ейкозапентаєнова, 20:5	100,7±3,839	89,6±1,764**	87,2±1,409***
Докозациєнова, 22:2	10,4±0,404	9,2±0,202**	8,9±0,173*
Докозатриєнова, 22:3	11,3±0,433	9,7±0,328*	9,3±0,317*
Докозатетраєнова, 22:4	14,7±0,664	12,4±0,433*	11,9±0,405*
Докозапентаєнова, 22:5	34,1±1,128	30,3±0,696*	29,5±0,664*
Докозагексаєнова, 22:6	40,3±1,473	34,1±1,457*	32,8±0,982*
Загальна концентрація неестерифікованих жирних кислот	943,4	833,9	802,9
У т. ч. насичені	126,3	115,7	113,3
мононенасичені	167,0	147,4	139,9
поліненасичені	650,1	570,8	549,7
ω-3/ω-6	10,4	10,4	10,5

Неестерифікованим жирним кислотам у тканинах медоносних бджіл притаманна найвища антибактеріальна та антигрибкова активність [28, 39].

Антибактеріальною та антигрибковою активністю володіють такі жирні кислоти: каприлова, капринова, лауринова, пальмітоолеїнова, олеїнова, лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозациєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова [170, 189].

За нашими дослідженнями, вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно до 721,0 і 692,1 проти 820,8 мг/кг сирової маси). Причому найбільше зменшується їх вміст у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України. Це може вказувати на те, що на екологічно більш забруднених територіях антибактеріальна та антигрибкова активність тканин грудей медоносних бджіл зменшується.

Максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність проявляють мононенасичені (пальмітоолеїнова та олеїнова) та особливо поліненасичені (лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозациєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) неестерифіковані жирні кислоти [39, 234, 238]. Виявлено, що екологічні умови мають значний вплив на загальний вміст мононенасичених і поліненасичених неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл. Так, вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 718,2 і 689,6 проти 817,1 мг/кг сирової маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Довголанцюгові жирні кислоти (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) у тканинах грудей медоносних бджіл здатні зв'язувати важкі мінеральні елементи, насамперед двовалентні [28, 118, 130]. Зафіксовано, що екологічні умови мають вплив на вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл. Так, вміст довголанцюгових неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 770,5 і 741,4 проти 873,5 мг/кг сирової маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

З таблиці 4.15 видно, що в тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується концентрація таких неестерифікованих насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахідова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозадеєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Також нами встановлено, що естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (табл. 4.16).

Результати досліджень свідчать, що має місце зниження енергетичної цінності естерифікованих жирних кислот для організму медоносних бджіл. Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у забрудненій лісостеповій зоні Заходу України.

Таблиця 4.16

Вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей
медоносних бджіл, г/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,02±0,003	0,01±0,000*	0,01±0,000*
Капринова, 10:0	0,03±0,003	0,01±0,003*	0,01±0,003*
Лауринова, 12:0	0,04±0,003	0,02±0,003*	0,02±0,003*
Міристинова, 14:0	0,08±0,005	0,05±0,003*	0,04±0,003**
Пентадеканова, 15:0	0,09±0,005	0,06±0,003*	0,05±0,003**
Пальмітинова, 16:0	1,25±0,049	1,09±0,031**	1,02±0,017**
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,06±0,003	0,04±0,003*	0,03±0,003**
Стеаринова, 18:0	1,25±0,052	1,09±0,031**	1,04±0,020**
Олеїнова, 18:1	3,37±0,098	3,25±0,078**	3,16±0,076**
Лінолева, 18:2	2,84±0,129	2,47±0,063**	2,34±0,038**
Ліноленова, 18:3	3,54±0,153	3,11±0,046**	3,00±0,054*
Арахінова, 20:0	0,16±0,011	0,12±0,005*	0,11±0,005*
Ейкозаєнова, 20:1	0,23±0,014	0,19±0,005*	0,18±0,005*
Ейкозациєнова, 20:2	0,26±0,008	0,22±0,006*	0,21±0,005**
Ейкозатриєнова, 20:3	0,20±0,005	0,17±0,005*	0,16±0,005**
Арахідонова, 20:4	3,35±0,124	3,07±0,028**	3,00±0,029**
Ейкозапентаєнова, 20:5	2,33±0,095	2,05±0,031*	1,98±0,030*
Докозациєнова, 22:2	0,22±0,005	0,19±0,003*	0,18±0,003**
Докозатриєнова, 22:3	0,24±0,014	0,20±0,003*	0,18±0,003*
Докозатетраєнова, 22:4	0,34±0,014	0,30±0,005*	0,29±0,005*
Докозапентаєнова, 22:5	0,75±0,026	0,68±0,008**	0,66±0,008**
Докозагексаєнова, 22:6	0,87±0,031	0,78±0,012**	0,76±0,013*
Загальна концентрація жирних кислот	21,75	19,17	18,43
У т. ч. насичені	2,92	2,45	2,30
мононенасичені	3,93	3,48	3,37
поліненасичені	14,90	13,24	12,76
ω-3/ω-6	10,7	10,6	10,6

Зменшення вмісту естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, можливо, пов'язано з меншим їх надходження із травного каналу.

Менша кількість естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена насиченими жирними кислотами з парною (відповідно 2,39 і 2,25 проти 2,83 г/кг сирової маси) і непарною (0,06 і 0,05 проти 0,09) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасиченими жирними кислотами родин ω -7 (0,04 і 0,03 проти 0,06) і ω -9 (3,44 і 3,34 проти 3,87) та поліненасиченими жирними кислотами родин ω -3 (6,82 і 6,58 проти 7,73) і ω -6 (відповідно 6,42 і 6,18 проти 7,21 г/кг сирової маси). При цьому зменшується відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (табл. 4.16). Разом з тим у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зростає ефективність перетворень лінолевої (відповідно 0,62 і 0,61 проти 0,65) та ліноленової (відповідно 0,84 і 0,84 проти 0,96) кислот загальних ліпідів в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні. Останнє вказує на те, що із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на територію, як компенсація, зростає активність десатураз у тканинах грудей медоносних бджіл.

Встановлено, що загальний вміст насичених (12 і менше атомів Карбону в ланцюгу) і ненасичених (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) жирних кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму, у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно

17,76 і 16,17 проти 18,92 г/кг сирової маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

У тканинах грудей медоносних бджіл є дуже високий загальний вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот — пальмітоолеїнової, олеїнової, ейкозаснової, лінолевої, ліноленової, ейкозациєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозапентаєнової, докозациєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової. Виявлено, що загальний вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, суттєво зменшується (відповідно 16,72 і 16,13 проти 18,83 г/кг сирової маси). Зменшення вмісту ненасичених жирних кислот естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл може вказувати на зниження їх функціональної активності щодо пасивного та активного транспорту різноманітних метаболітів.

З таблиці 4.16 видно, що у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких насичених естерифікованих жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахінова, таких мононенасичених жирних кислот, як олеїнова та ейкозаснова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозациєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Отримані нами результати аналізів вказують на те, що за зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля зменшується енергетична, функціонально-метаболічна та загальна біотична цінність естерифікованих жирних кислот для тканин грудей медоносних бджіл.

Нами з'ясовано, що в тканинах грудей медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, змінюється вміст фосфоліпідів. Зокрема, у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується вміст фосфоліпідів (відповідно $5,97 \pm 0,076^*$ і $5,50 \pm 0,141^{**}$ проти $6,54 \pm 0,190$ г/кг сирової маси). Це впливає на їх функціональну цінність для тканин грудей медоносних бджіл [31, 68, 76]. Найменший вміст фосфоліпідів виявлено у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у відносно забрудненій лісостеповій зоні Заходу України.

Виявлено, що в тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється жирнокислотний склад фосфоліпідів (табл. 4.17). З літератури відомо, що це впливає на їх функціонально-метаболичну цінність для організму медоносних бджіл [8, 28, 156]. Зокрема виявлено, що в жирнокислотному складі фосфоліпідів тканин грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується відносний вміст поліненасичених жирних кислот, але зростає – насичених і мононенасичених.

Наведене вище вказує на зниження функціонально-метаболичної та біотичної цінності жирних кислот фосфоліпідів для організму медоносних бджіл. Найменший вміст поліненасичених жирних кислот фосфоліпідів виявлено у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша відносна кількість поліненасичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин грудей медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, зумовлена жирними кислотами родин ω -3 (відповідно 30,07 і 29,15 проти 32,92%) і ω -6 (відповідно 28,26 і 26,45 проти 31,23%).

Таблиця 4.17

Жирнокислотний склад фосфоліпідів тканин грудей медоносних бджіл,
% ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,14±0,003	0,16±0,005*	0,17±0,005**
Капринова, 10:0	0,20±0,005	0,22±0,003*	0,24±0,005**
Лауринова, 12:0	0,29±0,005	0,32±0,005*	0,34±0,005**
Міристинова, 14:0	0,53±0,017	0,59±0,009*	0,62±0,009*
Пентадеканова, 15:0	0,35±0,006	0,38±0,007*	0,40±0,006**
Пальмітинова, 16:0	7,34±0,193	7,83±0,056	7,96±0,069*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,89±0,026	1,01±0,023*	1,08±0,026**
Стеаринова, 18:0	8,24±0,323	9,09±0,177	9,85±0,191*
Олеїнова, 18:1	17,50±1,515	21,86±0,387*	23,31±0,202*
Лінолева, 18:2	16,69±0,608	15,26±0,151	14,10±0,182*
Ліноленова, 18:3	7,64±0,211	7,03±0,096	6,77±0,082*
Арахінова, 20:0	0,20±0,006	0,23±0,003*	0,24±0,003**
Ейкозаєнова, 20:1	0,18±0,003	0,19±0,003	0,19±0,006
Ейкозациєнова, 20:2	0,25±0,009	0,23±0,003*	0,21±0,006*
Ейкозатриєнова, 20:3	2,06±0,069	1,78±0,081	1,60±0,049**
Арахідонова, 20:4	7,45±0,199	6,92±0,067	6,75±0,047*
Ейкозапентаєнова, 20:5	8,23±0,272	7,35±0,205	7,01±0,093*
Докозациєнова, 22:2	1,24±0,064	1,03±0,029*	0,97±0,026*
Докозатриєнова, 22:3	1,64±0,081	1,39±0,049	1,30±0,032*
Докозатетраєнова, 22:4	3,54±0,125	3,04±0,092*	2,82±0,052**
Докозапентаєнова, 22:5	6,77±0,219	6,28±0,042	6,18±0,040
Докозагексаєнова, 22:6	8,64±0,260	8,02±0,078	7,89±0,075
Загальна концентрація жирних кислот	100,00	100,00	100,00
У т. ч. насичені	17,29	18,82	19,82
Мононенасичені	18,57	23,06	24,58
Поліненасичені	64,14	58,12	55,60
ω-3/ω-6	1,05	1,06	1,10

При цьому в тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зростає відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (табл. 3.18). Наведене вище може вказувати на те, що в тканинах грудей медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, як адаптація зростає вміст ліноленової кислоти та її більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних.

Більша відносна кількість насичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин грудей медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами грудей медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами з парною (відповідно 19,81 і 19,42 проти 16,94%) і непарною (відповідно 0,38 і 0,40 проти 0,35%) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, а мононенасичених – жирними кислотами родин ω -7 (відповідно 1,01 і 1,08 проти 0,89%) і ω -9 (відповідно 22,05 і 23,50 проти 17,68%).

Наведене вище вказує на те, що в результаті зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля у тканинах грудей медоносних бджіл у загальному зменшується вміст фосфоліпідів та погіршується їх жирнокислотний склад.

Підсумовуючи наведене вище, можна стверджувати, що високий рівень важких металів і низький – фосфоліпідів у тканинах грудей медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, є наслідком урбанізації та індустріалізації території.

4.2.3. Жирні кислоти і фосфоліпіди у тканинах голови медоносних бджіл

Спеціальними нашими дослідженнями встановлено, що у тканинах голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, змінюється вміст аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот, що впливає на їх антибактеріальну та антигрибкову активність [7, 39, 68].

Зокрема, вміст аніонних жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, є більший (табл. 4.18). Це зумовлено зв'язуванням жирних кислот з катіонами, якими є важкі метали [70, 101, 254]. Слід відмітити, що найбільший вміст аніонних жирних кислот виявлено у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Більша кількість аніонних жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, зумовлена більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 101,7 і 103,3 проти 91,6 мг/кг сирової маси) і непарною (4,7 і 4,8 проти 4,2) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (2,3 і 2,5 проти 2,1) і ω -9 (137,2 і 138,9 проти 129,6) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (291,0 і 296,4 проти 267,0) і ω -6 (відповідно 271,9 і 278,3 проти 249,8 мг/кг сирової маси). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 у тканинах голови медоносних бджіл при цьому становить відповідно 10,7 і 10,6 проти 10,6.

З таблиці 4.18 видно, що в тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно збільшується концентрація аніонних насичених жирних кислот. Зокрема, це каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахісова.

Таблиця 4.18

Рівень аніонних жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл,
мг/кг сирі маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,5±0,033	0,7±0,033*	0,8±0,033**
Капринова, 10:0	0,8±0,057	0,1±0,003***	0,1±0,003***
Лауринова, 12:0	1,1±0,057	1,3±0,033*	1,4±0,033**
Міристинова, 14:0	2,8±0,115	3,2±0,057*	3,3±0,066*
Пентадеканова, 15:0	4,2±0,173	4,7±0,066*	4,8±0,066*
Пальмітинова, 16:0	47,5±2,252	52,8±0,550**	53,2±0,493**
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,1±0,057	2,3±0,033*	2,5±0,033**
Стеаринова, 18:0	34,1±1,616	38,2±0,463**	38,8±0,433**
Олеїнова, 18:1	122,6±2,744	129,4±0,866**	130,9±0,783**
Лінолева, 18:2	104,6±3,377	113,4±1,101**	115,6±1,260**
Ліноленова, 18:3	112,3±3,326	120,2±0,926**	121,9±0,796**
Арахінова, 20:0	4,8±0,202	5,4±0,088**	5,7±0,066**
Ейкозаєнова, 20:1	7,0±0,202	7,8±0,173*	8,0±0,202*
Ейкозациєнова, 20:2	5,7±0,173	6,4±0,115*	6,6±0,088**
Ейкозатриєнова, 20:3	3,8±0,202	4,5±0,145**	4,8±0,115**
Арахідонова, 20:4	115,2±3,293	123,6±1,197**	126,3±0,953**
Ейкозапентаєнова, 20:5	74,6±1,882	80,6±1,357**	81,7±1,304**
Докозациєнова, 22:2	6,8±0,260	7,6±0,145**	7,9±0,145**
Докозатриєнова, 22:3	7,0±0,202	7,9±0,202*	8,3±0,208**
Докозатетраєнова, 22:4	13,7±0,696	16,4±0,648*	17,1±0,568**
Докозапентаєнова, 22:5	32,5±1,271	36,6±0,811**	37,5±0,696**
Докозагексаєнова, 22:6	40,6±1,734	45,7±0,845**	47,0±0,817**
Загальна концентрація аніонних жирних кислот	744,3	808,8	824,2
У т. ч. насичені	95,8	106,4	108,1
мононенасичені	131,7	139,5	141,4
поліненасичені	516,8	562,9	574,7
ω-3/ω-6	10,6	10,7	10,6

З мононенасичених жирних кислот – це пальмітоолеїнова, олеїнова та ейкозаснова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозациєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Зростання вмісту аніонних жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, призводить до зменшення в них кількості найбільш активних жирних кислот – неестерифікованих (табл. 4.19).

Менша кількість неестерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, зумовлена меншим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 107,6 і 104,9 проти 120,5 мг/кг сирої маси) і непарною (4,7 і 4,6 проти 5,3) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (2,0 і 1,9 проти 2,6) і ω -9 (153,8 і 151,1 проти 164,5) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (329,9 і 322,8 проти 355,1) і ω -6 (відповідно 289,7 і 284,2 проти 313,7 мг/кг сирої маси). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 у тканинах голови медоносних бджіл при цьому становить відповідно 11,4 і 11,4 проти 11,3.

Слід відмітити, що в тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, не змінюється інтенсивність перетворення неестерифікованої лінолевої кислоти в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні (відповідно 0,67 і 0,67 проти 0,67), але дещо зростає інтенсивність перетворення неестерифікованої ліноленової кислоти (відповідно 0,80 і 0,81 проти 0,79). Максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність проявляють мононенасичені (пальмітоолеїнова, олеїнова та ейкозаєнова) кислоти.

Таблиця 4.19

Вміст неестерифікованих жирних кислот у тканинах голови
медоносних бджіл, мг/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,8±0,033	0,6±0,033*	0,5±0,033**
Капринова, 10:0	1,2±0,057	0,9±0,057*	0,8±0,057**
Лауринова, 12:0	1,7±0,057	1,4±0,057*	1,3±0,057**
Міристинова, 14:0	3,6±0,115	3,2±0,057*	3,0±0,033**
Пентадеканова, 15:0	5,3±0,202	4,7±0,066**	4,6±0,088*
Пальмітинова, 16:0	61,2±2,197	55,4±0,808**	54,3±0,513**
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,6±0,173	2,0±0,088*	1,9±0,115*
Стеаринова, 18:0	45,3±1,649	40,1±0,970**	39,2±0,871**
Олеїнова, 18:1	156,0±3,926	146,2±1,241**	143,8±1,444**
Лінолева, 18:2	125,6±3,438	116,2±1,189**	113,8±1,664*
Ліноленова, 18:3	156,5±3,524	146,6±1,135**	144,2±1,128**
Арахінова, 20:0	6,7±0,202	6,0±0,145*	5,8±0,152*
Ейкозаєнова, 20:1	8,5±0,317	7,6±0,120**	7,3±0,120**
Ейкозациєнова, 20:2	7,1±0,260	6,2±0,145*	5,9±0,120**
Ейкозатриєнова, 20:3	6,5±0,317	5,6±0,176**	5,3±0,145**
Арахідонова, 20:4	147,2±3,301	138,0±1,244**	136,1±1,102**
Ейкозапентаєнова, 20:5	98,5±2,750	92,9±2,746**	89,9±2,511**
Докозациєнова, 22:2	9,1±0,288	8,2±0,145**	8,0±0,145**
Докозатриєнова, 22:3	9,3±0,202	8,7±0,088*	8,4±0,057**
Докозатетраєнова, 22:4	18,2±1,098	15,5±0,317**	15,1±0,348**
Докозапентаєнова, 22:5	39,3±1,705	34,6±0,624**	33,9±0,523**
Докозагексаєнова, 22:6	51,5±1,764	47,1±0,497**	46,4±0,284***
Загальна концентрація неестерифікованих жирних кислот	961,7	887,7	869,5
У т. ч. насичені	125,8	112,3	109,5
мононенасичені	167,1	155,8	153,0
поліненасичені	668,8	619,6	607,0
ω-3/ω-6	11,3	11,4	11,4

Особливо такими властивостями володіють поліненасичені (лінолева, ліноленова, ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозадеєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) неестерифіковані жирні кислоти [28, 39, 99].

Виявлено, що екологічні умови довкілля мають значний вплив на загальний вміст мононенасичених і поліненасичених неестерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл. Так, вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 775,4 і 760,0 проти 835,9 мг/кг сирі маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Довголанцюгові жирні кислоти (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) у тканинах голови медоносних бджіл здатні зв'язувати важкі мінеральні елементи, насамперед двовалентні [44, 100, 129]. Зафіксовано, що екологічні умови довкілля мають вплив на вміст наведених вище неестерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл. Так, вміст довголанцюгових неестерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 817,5 і 801,2 проти 882,7 мг/кг сирі маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

З таблиці 4.19 видно, що в тканинах голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляцій, порівняно з гірською, вірогідно зменшується концентрація таких неестерифікованих насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахідова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова, олеїнова та ейкозаєнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова,

ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова (арахідонова), ейкозапентаєнова, докозадиєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Виявлено, що вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (табл. 4.20). Це вказує на зниження енергетичної цінності естерифікованих жирних кислот для організму медоносних бджіл. Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України. Зменшення вмісту естерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, можливо, пов'язано з меншим їх надходження із травного каналу.

Менша кількість естерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена насиченими жирними кислотами з парною (відповідно 2,19 і 2,01 проти 2,67 г/кг сирової маси) і непарною (0,09 і 0,09 проти 0,12) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасиченими жирними кислотами родин ω -7 (0,04 і 0,03 проти 0,06) і ω -9 (3,22 і 3,11 проти 3,59) та поліненасиченими жирними кислотами родин ω -3 (7,59 і 7,27 проти 8,61) і ω -6 (відповідно 6,01 і 5,58 проти 6,78 г/кг сирової маси).

При цьому в тканинах голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній зоні Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, не змінюється відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6, а у тканинах голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні – зростає (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Вміст естерифікованих жирних кислот у тканинах голови
медоносних бджіл, г/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,02±0,003	0,01±0,000*	0,01±0,000**
Капринова, 10:0	0.03±0,003	0,01±0,003*	0,01±0,003*
Лауринова, 12:0	0.04±0,003	0.02±0,003*	0,01±0,003**
Міристинова, 14:0	0.08±0,005	0.05±0,003*	0.04±0,003**
Пентадеканова, 15:0	0.12±0,005	0.09±0,003*	0.09±0,003*
Пальмітинова, 16:0	1,36±0.089	1,09±0,049**	0.98±0,024*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0.06±0,003	0.04±0,003*	0.03±0,003**
Стеаринова, 18:0	0,98±0.026	0,89±0,017*	0,86±0,017*
Олеїнова, 18:1	3.37±0.098	0,02±0,003	0,01±0,000*
Лінолева, 18:2	2,63±0,095	0.03±0,003	0,01±0,003*
Ліноленова, 18:3	3,44±0.125	0.04±0,003	0.02±0,003*
Арахінова, 20:0	0.16±0,008	0.08±0,005	0.05±0,003*
Ейкозаєнова, 20:1	0.22±0,011	0.12±0,005	0.09±0,003*
Ейкозациєнова, 20:2	0.18±0,005	1,36±0.089	1,09±0,049**
Ейкозатриєнова, 20:3	0.12±0.003	0.06±0,003	0.04±0,003*
Арахідонова, 20:4	3.20±0.106	2.92±0.043**	2.63±0.151*
Ейкозапентаєнова, 20:5	2.31±0.098	2,04±0.046**	1,95±0.043*
Докозациєнова, 22:2	0.21±0,005	0,18±0,005*	0,16±0,003**
Докозатриєнова, 22:3	0.22±0,005	0.19±0,003*	0.17±0,003**
Докозатетраєнова, 22:4	0.44±0,011	0.39±0,006*	0.38±0,006*
Докозапентаєнова, 22:5	1,14±0.061	0.95±0,026*	0.91±0,029*
Докозагексаєнова, 22:6	1,50±0.072	1,31±0.028**	1,24±0,025*
Загальна концентрація жирних кислот	21,83	19,14	18,09
У т. ч. насичені	2,79	2,28	2,10
мононенасичені	3,65	3,26	3,14
поліненасичені	15,39	13,60	12,85
ω-3/ω-6	12,6	12,6	13,0

Наведене вище може вказувати на те, що в тканинах медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, як адаптація зростає вміст ліноленової кислоти та її більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних. Разом з тим у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується ефективність перетворень лінолевої кислоти загальних ліпідів (відповідно 0,69 і 0,70 проти 0,66) в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні. При цьому в тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується ефективність перетворень ліноленової кислоти загальних ліпідів (0,64 проти 0,62). Останнє може вказувати на те, що із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на територію зменшується активність десатураз у тканинах голови медоносних бджіл.

Встановлено, що загальний вміст насичених (12 і менше атомів Карбону в ланцюгу) і ненасичених (16 і більше атомів Карбону в ланцюгу) жирних кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму, у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно 16,90 і 16,02 проти 19,13 г/кг сирової маси). Найбільше зменшується їх вміст у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

У тканинах голови медоносних бджіл є дуже високий загальний вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот – пальмітоолеїнової, олеїнової, ейкозаєнової, лінолевої, ліноленової, ейкозадиєнової, ейкозатриєнової, ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозапентаєнової, докозадиєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової. Виявлено, що загальний вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот у

тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, суттєво зменшується (відповідно 16,86 і 15,99 проти 19,04 г/кг сирової маси). Зменшення вмісту ненасичених жирних кислот естерифікованих жирних кислот у тканинах голови медоносних бджіл може вказувати на зниження їх функціональної активності щодо пасивного та активного транспорту різноманітних метаболітів.

З таблиці 4.20 видно, що у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких насичених естерифікованих жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова, стеаринова та арахінова, таких мононенасичених жирних кислот, як олеїнова та ейкозаєнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева, ліноленова, ейкозадиєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозадиєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова.

Наведене вище вказує на те, що в результаті зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля зменшується енергетична, функціонально-метаболічна та біологічна цінність естерифікованих жирних кислот для тканин голови медоносних бджіл.

Нашими дослідженнями встановлено, що в тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст фосфоліпідів (табл. 4.21).

Зокрема, у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується вміст фосфоліпідів (відповідно $5,66 \pm 0,261^*$ і $5,52 \pm 0,122^{**}$ проти $6,43 \pm 0,123$ г/кг сирової маси).

Таблиця 4.21

Жирнокислотний склад фосфоліпідів тканин голови медоносних бджіл,
% ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,15±0,003	0,16±0,003*	0,17±0,003**
Капринова, 10:0	0,21±0,005	0,23±0,003*	0,24±0,003**
Лауринова, 12:0	0,29±0,011	0,33±0,005*	0,35±0,003**
Міристинова, 14:0	0,55±0,017	0,60±0,008	0,63±0,005*
Пентадеканова, 15:0	0,37±0,011	0,42±0,008*	0,44±0,006**
Пальмітинова, 16:0	7,43±0,216	8,27±0,375	9,58±0,399**
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,90±0,026	0,95±0,026	0,99±0,026
Стеаринова, 18:0	8,09±0,291	8,82±0,092	9,30±0,246*
Олеїнова, 18:1	13,40±1,211	16,59±0,521	16,06±0,317
Лінолева, 18:2	16,74±0,388	15,87±0,092	15,62±0,104*
Ліноленова, 18:3	8,52±0,162	8,04±0,092	7,73±0,101*
Арахінова, 20:0	0,18±0,003	0,21±0,006*	0,22±0,003**
Ейкозаєнова, 20:1	0,16±0,005	0,19±0,003*	0,21±0,005**
Ейкозациєнова, 20:2	0,23±0,005	0,20±0,005*	0,18±0,005**
Ейкозатриєнова, 20:3	2,06±0,061	1,84±0,046*	1,70±0,049*
Арахідонова, 20:4	7,35±0,208	6,81±0,072	6,69±0,055*
Ейкозапентаєнова, 20:5	9,27±0,326	8,57±0,058	8,47±0,036
Докозациєнова, 22:2	1,15±0,046	1,00±0,023*	0,94±0,023*
Докозатриєнова, 22:3	2,02±0,078	1,78±0,042	1,68±0,023*
Докозатетраєнова, 22:4	3,53±0,092	3,21±0,052*	3,12±0,047*
Докозапентаєнова, 22:5	7,87±0,214	7,10±0,119*	6,98±0,073*
Докозагексаєнова, 22:6	9,52±0,341	8,79±0,061	8,69±0,066
Загальна концентрація жирних кислот	100,00	100,00	100,00
У т. ч. насичені	17,27	19,04	20,93
мононенасичені	14,46	17,73	17,26
поліненасичені	68,27	63,23	61,81
ω-3/ω-6	1,20	1,18	1,19

Це впливає на їх функціональну цінність для тканин голови медоносних бджіл [8, 27, 31, 156]. Найменший вміст фосфоліпідів виявлено у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Виявлено, що в тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється жирнокислотний склад фосфоліпідів. Це впливає на їх функціонально-метаболичну цінність для організму медоносних бджіл [31, 156]. Зокрема виявлено, що в жирнокислотному складі фосфоліпідів тканин голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується відносний вміст поліненасичених жирних кислот, але зростає – насичених і мононенасичених. Це вказує на зниження функціонально-метаболичної та біологічної цінності жирних кислот фосфоліпідів для тканин голови медоносних бджіл.

Найменший вміст поліненасичених жирних кислот фосфоліпідів виявлено у тканинах голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша відносна кількість поліненасичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами родин ω -3 (відповідно 34,28 і 33,55 проти 37,20%) і ω -6 (відповідно 28,93 і 28,25 проти 31,06%).

Більша відносна кількість насичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з тканинами голови медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами з парною (відповідно 18,62 і 20,49 проти 16,90%) і непарною

(відповідно 0,42 і 0,44 проти 0,37%) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, а мононенасичених – жирними кислотами родин ω -7 (відповідно 0,95 і 0,99 проти 0,90%) і ω -9 (16,78 і 16,27 проти 13,56%).

Наведене вище вказує на те, що в результаті зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля у тканинах голови медоносних бджіл у загальному зменшується вміст фосфоліпідів та погіршується їх жирнокислотний склад.

Найрепрезентативнішими маркерами загального забруднення довкілля, у тому числі важкими металами є елементи першого класу токсичності – Плюмбум і Кадмій.

Розрахунки коефіцієнта парної кореляції Пірсона між вмістом Плюмбуму, Кадмію та вмістом і співвідношеннями жирних кислот у тканинах органів медоносних бджіл свідчать про існування між показниками зв'язків різної тісноти (табл. 4.22).

Зокрема, виявлена найтісніша пряма залежність між вмістом Кадмію та мононенасиченими аніонними жирними кислотами ($r = 0,95$), обернена з вмістом мононенасичених і поліненасичених ($r = -0,80$) естерифікованих жирних кислот, обернена між вмістом насичених естерифікованих жирних кислот і Плюмбуму ($r = -0,88$).

Особливо небезпечним є зростання концентрації дуже токсичних елементів Хрому та Кадмію від гірської зони до рівнинної лісостепової. Забруднення і проникнення токсичних елементів в органи комах, як, наприклад кадмію, по-різному корелює з вмістом та співвідношеннями жирних кислот у тканинах медоносних бджіл.

Загалом концентрація аніонних жирних кислот позитивно корелює з вмістом Кадмію в тканинах органів бджіл ($r = 0,68$), неестерифікованих – негативно ($r = -0,55$) та естерифікованих – теж негативно ($r = -0,69$), а з вмістом Плюмбуму кореляція ще тісніша.

Кореляція вмісту Плюмбуму й Кадмію, жирних кислот та їхніх співвідношень у тканинах органів медоносних бджіл, $\pm r$ (за Пірсоном, 1896)

Вміст жирних кислот	Коефіцієнт кореляції Пірсона, $\pm r$	
	Плюмбум	Кадмій
Загальна концентрація аніонних жирних кислот	0,76	0,68
У т. ч. насичені	0,47	0,64
мононенасичені	0,39	0,95
поліненасичені	0,74	0,27
ω -3/ ω -6	0,27	0,22
Загальна концентрація неестерифікованих жирних кислот	-0,57	-0,55
У т. ч. насичені	-0,84	-0,42
Мононенасичені	-0,58	-0,54
Поліненасичені	-0,51	-0,24
ω -3/ ω -6	0,37	-0,24
Загальний вміст естерифікованих жирних кислот	-0,82	-0,69
У т. ч. насичені	-0,88	-0,10
Мононенасичені	-0,74	-0,80
Поліненасичені	-0,72	-0,80
ω -3/ ω -6	0,35	-0,28

Співвідношення аніонних жирних кислот ω -3/ ω -6 позитивно, хоч і слабо, корелює із концентрацією Кадмію ($r = 0,22$), співвідношення неестерифікованих – негативно ($r = -0,24$) та співвідношення естерифікованих – дещо більш негативно ($r = -0,28$). Із вмістом Плюмбуму кореляція співвідношення аніонних жирних кислот ω -3/ ω -6 позитивна і тісніша.

Висновки до розділу 4

1. У тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл передгірної та лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською мікропопуляцією, у зв'язку із

зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля збільшується концентрація Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію.

2. У тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл за аналогією до важких металів зростає вміст аніонних жирних кислот. При цьому зменшується концентрація неестерифікованих і естерифікованих жирних кислот. Отже, унаслідок цього на найбільше забруднених територіях, як лісостепова зона Заходу України, антибактеріальна та антигрибкова активність тканин черевця медоносних бджіл зменшується.

3. У тканинах бджіл в складі неестерифікованих і естерифікованих жирних кислот зменшується ефективність трансформації лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні, що, очевидно, негативно впливає на забезпечення організму медоносних бджіл енергетичними і біоактивними ресурсами.

4. У тканинах медоносних бджіл зменшується концентрація фосфоліпідів. Одночасно в цьому класі ліпідів зростає відносний вміст насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу і мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 та зменшується – поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6, що може вказувати на погіршення забезпечення організму медоносних бджіл структурним матеріалом.

5. Підвищений рівень концентрації важких металів та зростання вмісту аніонних жирних кислот, але менший ресурс фосфоліпідів, неестерифікованих і естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл із пасік, які функціонують у помірно забрудненій передгірній та інтенсивніше забрудненій лісостеповій зонах Заходу України, спричинені погіршенням якості довкілля внаслідок урбанізації та індустріалізації території.

Результати наведених вище експериментальних досліджень подані в публікаціях [239, 244].

Список використаних джерел до розділу 4

237. Застосування методу біоіндикації для екотоксикологічного моніторингу агро- та біоценозів / А. М. Ліщук та ін. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 5. С. 148–151.
238. Кайяс А. Пыльца : (сбор – свойства – применение). Бухарест : Апимондия, 1983. 82 с.
239. Клим О. Я. Вміст важких металів та жирнокислотний склад фосфоліпідів тканин медоносних бджіл у різних природних зонах Заходу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 173-185.
240. Ковальська Л. М. Ліпідний та жирнокислотний склад тканин медоносних бджіл : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.04 “Біохімія”. Львів, 2009. 16 с.
241. Лосев О. М., Шевченко Л. В. Фізіологічні аспекти використання хелатних сполук у живленні бджіл. *Матеріали XVII Міжнародного конгресу Федерації бджолярських організацій країн Центральної і Східної Європи – Аніславії (17–20 квіт. 2008 р.)*. Київ, 2009. С. 92–96.
242. Поліщук В. П. Бджільництво. Київ, 2009. 330 с.
243. Разанов С. Ф. Властивості підбору бджіл. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. “Актуальні проблеми годівлі тварин і технології кормів”, 16–17 жовт. 2008 р. Київ : Урожай, 2008. С. 102–104.
244. Рівіс Й. Ф., Клим О. Я. Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у тканинах грудей медоносних бджіл в різних природних зонах Заходу України. *Наук.-техн. Бюллетень*. Львів, 2018. Вип. 19, №1.
245. Рівіс Й. Ф., Клим О. Я. Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл в різних природних зонах Заходу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН*. Львів, 2018. Вип. 19, № 2. С. 23–29.
246. Синтез дикарбоновых полиненасыщенных кислот. II. Химический синтез диеновых кислот с различной длиной углеродной цепи / И. В. Иванов и др. *Биоорганическая химия*. 1998. Т. 24, № 6. С. 454–457.

247. Bogdanov S. Contaminants of bee products. *Apidologie*. 2006. Vol. 37, № 1. P. 1–18.
248. Brown M. J. F., Paxton R. J. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*. 2010. 40. P. 410–416.

Розділ 5

КОНЦЕНТРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ЖИРНИХ КИСЛОТ У СВІЖОПОБУДОВАНИХ БДЖОЛИНИХ СТІЛЬНИКАХ

5.1. Нагромадження важких металів у бджолиних стільниках

Міграція важких металів із довкілля екологічними ланцюгами живлення залежить від інтенсивності забруднення компонентів екосистем. Концентрація екотоксикантів може відбуватися у продуктах життєдіяльності комах.

Багатьма авторами встановлено [2, 17, 23, 30, 34, 38], що концентрації важких металів у ґрунті, тілі бджоли та продукції бджільництва (меді, воску та перзі) взаємопов'язані. Зокрема було виявлено, що якщо вміст Цинку в ґрунті склав 8,96 мг/кг, то у медоносних рослин на цьому ґрунті кількість його становила 5,06 мг/кг. У тілі медоносної бджоли, яка жила з цих рослин, у меді, воску та перзі вміст Цинку сягав відповідно 9,58 мг/кг, 15,94, 44,35 і 37,00 мг/кг. Подібні закономірності стосувалися Купруму, Плюмбуму і Кадмію.

Тому наступним нашим завданням було дослідити рівень вмісту важких металів у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України.

З'ясовано, що в свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках), отриманих з передгірної та лісостепової мікропопуляційних екосистем, порівняно зі стільниками, відібраними з вуликів гірської мікропопуляційної екосистеми, є вірогідно більший вміст усіх елементів: Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію (рис. 5.3). Із наведених даних видно також, що в стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, міститься найбільша кількість Феруму, Цинку, Плюмбуму та інших важких металів. Кількість Феруму від гірської зони до лісостепової збільшилася у чотири рази, Кадмію – у три рази (дод. Б, табл. Б.1).

Отримані дані підтверджують, що техногенні полютанти проникають у бджолину продукцію від джерел техногенного забруднення територій у досліджуваних природних зонах Заходу України.

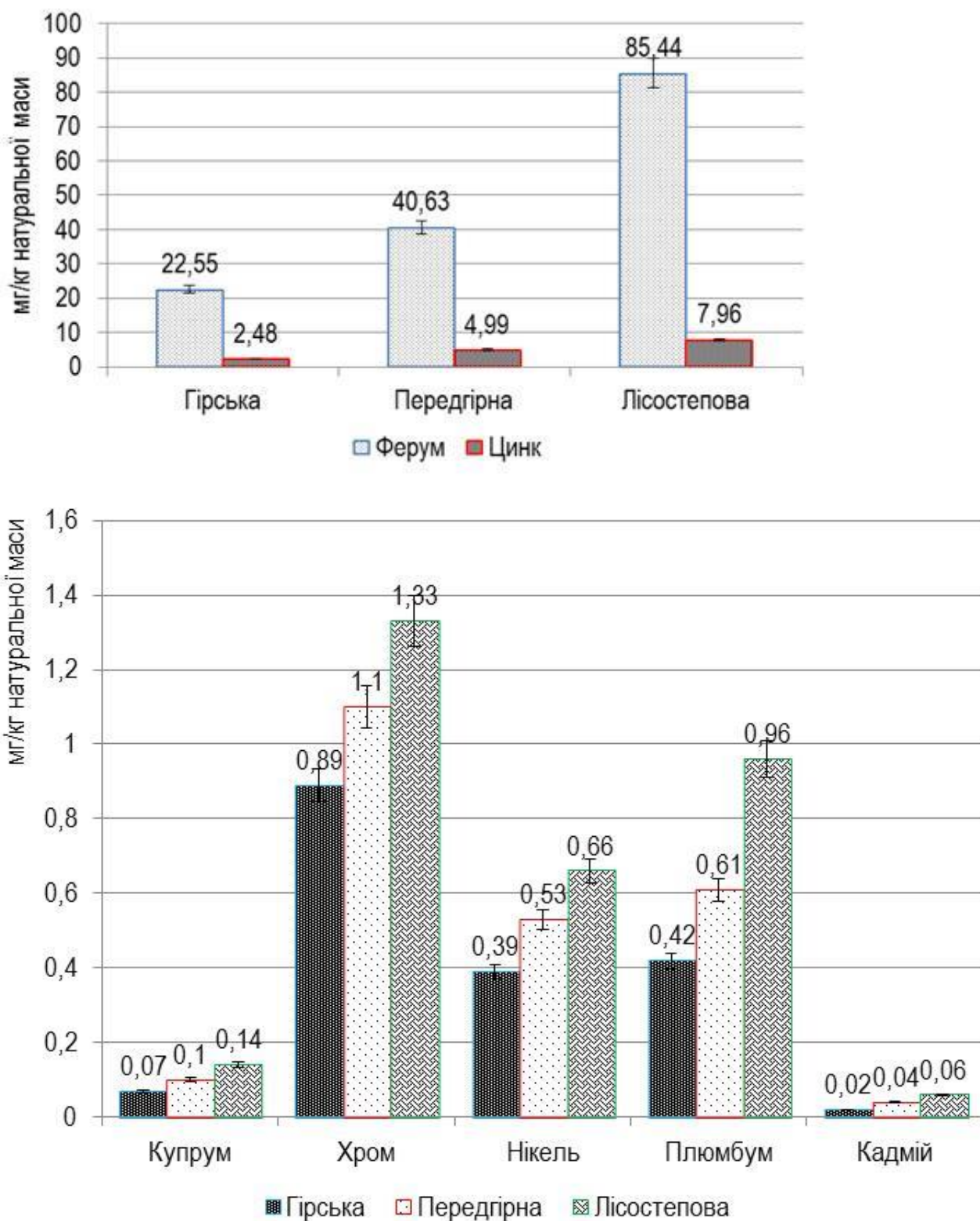


Рис. 5.3. Вміст важких металів у бджолиних стільниках мікропопуляцій гірської, передгірної та лісостепової зон, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

5.2. Вміст аніонних жирних кислот у бджолиних стільниках

Наступним нашим завданням було дослідити рівень вмісту аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках), отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України.

Нами встановлено, що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля впливає на загальний вміст аніонних форм жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, загальний вміст аніонних форм жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, є більший (табл. 5.23). Найбільший вміст аніонних форм жирних кислот виявлено у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Більша кількість аніонних жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 17,87 і 21,25 проти 15,71 мг/кг натуральної маси) та непарною (0,06 і 0,08 проти 0,04) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (0,16 і 0,21 проти 0,13) і ω -9 (9,34 і 11,68 проти 8,25) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (15,90 і 19,37 проти 13,98) і ω -6 (відповідно 0,80 і 0,89 проти 0,67 мг/кг натуральної маси).

Відношення вмісту аніонних форм поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до аніонних форм поліненасичених жирних кислот родини ω -6 при цьому становить 19,8 і 21,7 проти 20,8. Найбільше зростає вміст аніонних насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

З таблиці 5.23 видно, що в свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зростає вміст таких аніонних форм насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

Таблиця 5.23

Вміст аніонних форм жирних кислот у бджолиних стільниках,
мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Заходу України		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,42±0,017	0,38±0,014*	0,36±0,012**
Капринова, 10:0	0,16±0,011	0,12±0,006*	0,11±0,006**
Лауринова, 12:0	0,22±0,011	0,17±0,011*	0,16±0,006**
Міристинова, 14:0	0,20±0,011	0,16±0,009*	0,15±0,010*
Пентадеканова, 15:0	0,08±0,006	0,05±0,006*	0,04±0,006**
Пальмітинова, 16:0	16,37±0,956	13,33±0,581*	12,83±0,491*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,20±0,011	0,16±0,006*	0,15±0,006**
Стеаринова, 18:0	3,87±0,130	3,44±0,087*	3,37±0,075*
Олеїнова, 18:1	11,14±0,730	9,06±0,213*	8,79±0,239*
Лінолева, 18:2	0,87±0,037	0,76±0,026	0,73±0,026*
Ліноленова, 18:3	18,53±1,017	15,33±0,405*	14,83±0,463*
Загальний вміст аніонних жирних кислот	44,35	43,85	49,17
У т. ч. насичені	21,32	17,65	17,02
мононенасичені	8,38	9,50	11,89
поліненасичені	14,65	16,70	20,26
ω-3/ω-6	20,8	19,8	21,7

5.3. Вміст неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках

Наступним нашим завданням було дослідити рівень вмісту неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках), отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України.

Разом з тим у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот, що впливає на їх фізичні властивості, антибактеріальну та антигрибкову активність [28, 74, 150, 160].

Зокрема встановлено, що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля впливає на загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках (табл. 5.24).

Так, загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, є меншим. Найменший вміст неестерифікованих форм жирних кислот виявлено у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша кількість неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена меншим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 5,51 і 5,07 проти 6,54 г/кг натуральної маси) і непарною (0,09 і 0,08 проти 0,12) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (0,34 і 0,29 проти 0,41) і ω -9 (19,46 і 15,98 проти 22,47) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (29,11 і

23,55 проти 36,17) і ω -6 (відповідно 1,68 і 1,19 проти 2,06 г/кг натуральної маси). Відношення вмісту неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини ω -6 при цьому становить відповідно 17,3 і 19,7 проти 17,5. Видно, наведені вище процеси проходять у воскових залозах медоносних бджіл. Найбільш інтенсивно зменшується концентрація неестерифікованих форм насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Таблиця 5.24

Концентрація неестерифікованих форм жирних кислот у бджолиних стільниках, г/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирна кислота та її код	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	0,60±0,024	0,48±0,017*	0,40±0,015**
Капринова, 10:0	0,25±0,012	0,18±0,008*	0,11±0,006***
Лауринова, 12:0	0,29±0,015	0,23±0,008*	0,19±0,012**
Міристинова, 14:0	0,31±0,014	0,25±0,008*	0,20±0,012**
Пентадеканова, 15:0	0,12±0,005	0,09±0,003*	0,08±0,003**
Пальмітинова, 16:0	0,24±0,012	0,20±0,003*	0,19±0,005*
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,41±0,017	0,34±0,008*	0,29±0,012**
Стеаринова, 18:0	4,85±0,190	4,17±0,129*	3,98±0,133*
Олеїнова, 18:1	22,47±1,072	19,46±0,502**	15,98±0,650**
Лінолева, 18:2	2,06±0,098	1,68±0,092*	1,19±0,049**
Ліноленова, 18:3	36,17±1,547	29,11±0,617*	23,55±1,411**
Загальний вміст жирних кислот	67,77	56,19	46,16
В т. ч. насичені	6,66	5,60	5,15
мононенасичені	22,88	19,80	16,27
поліненасичені	38,23	30,79	24,74
ω -3/ ω -6	17,5	17,3	19,7

Неестерифіковані форми каприлової, капринової, лауринової, пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот проявляють антибактеріальну та антигрибкову активність [28, 39, 150]. Зафіксовано, що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля має суттєвий вплив на загальну концентрацію наведених вище неестерифікованих форм жирних кислот у бджолиних стільниках. Так, їх загальний вміст у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно до 51,48 і 41,71 проти 62,25 г/кг натуральної маси). Причому, найбільше зменшується їх вміст у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Виявлено, що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля має значний вплив на загальний вміст неестерифікованих форм мононенасичених і поліненасичених жирних кислот, які проявляють максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність, у свіжопобудованих бджолиних стільниках [74, 142, 160]. Так, загальний вміст неестерифікованих форм мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 50,59 і 41,01 проти 61,11 г/кг натуральної маси). Найбільше зменшується їх вміст в бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

З таблиці 5.24 видно, що у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих насичених жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова, пальмітинова та стеаринова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, та таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

Неестерифіковані форми довголанцюгових жирних кислот мають здатність зв'язувати важкі метали, насамперед двовалентні [10, 16, 26]. Причому неестерифіковані форми довголанцюгових жирних кислот (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) мають максимальну здатність зв'язувати важкі метали [35, 51, 69]. Зв'язування неестерифікованих форм довголанцюгових жирних кислот з важкими металами проходить у воскових залозах медоносних бджіл [2, 115, 150]. При цьому утворюються аніонні форми жирних кислот [115].

Вміст естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (табл. 5.25). Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша кількість естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена меншим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 226,81 і 222,27 проти 252,62 г/кг натуральної маси) і непарною (1,04 і 0,96 проти 1,25) кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω -7 (3,34 і 2,74 проти 4,87) і ω -9 (148,59 і 134,59 проти 163,61) та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 (228,93 і 213,63 проти 254,35) і ω -6 (відповідно 13,57 і 10,37 проти 17,54 г/кг натуральної маси). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 у свіжопобудованих бджолиних стільниках при цьому становить відповідно 16,8 і 20,6 проти 14,5.

Вище відношення (0,62 проти 0,58) вмісту насичених жирних кислот до ненасичених жирних кислот у загальних ліпідах свіжопобудованих бджолиних стільників (язиків), отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, може вказувати на зростання крихкості їх стінок.

Таблиця 5.25

Вміст естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках,
г/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Заходу України		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Каприлова, 8:0	5,48±0,167	4,18±0,170**	3,55±0,184**
Капринова, 10:0	2,13±0,072	1,17±0,073***	0,67±0,026***
Лауринова, 12:0	2,73±0,104	1,21±0,061***	0,77±0,031***
Міристинова, 14:0	2,81±0,113	1,93±0,063**	1,35±0,072***
Пентадеканова, 15:0	1,25±0,061	1,04±0,034*	0,96±0,034*
Пальмітинова, 16:0	195,12±6,116	178,85±2,801**	177,85±4,063**
Пальмітоолеїнова, 16:1	4,87±0,115	3,34±0,110**	2,74±0,124***
Стеаринова, 18:0	44,35±0,930	39,47±1,110*	38,08±1,143*
Олеїнова, 18:1	163,61±5,124	148,59±2,017**	134,59±4,473*
Лінолева, 18:2	17,54±0,958	13,57±0,412*	10,37±0,716**
Ліноленова, 18:3	254,35±9,160	228,93±4,096**	213,63±7,667*
Загальний вміст естерифікованих жирних кислот	694,24	622,28	584,56
У т. ч. насичені	253,87	227,85	223,23
мононенасичені	168,48	151,93	137,33
поліненасичені	271,89	242,50	224,00
ω-3/ω-6	14,5	16,8	20,6

Вміст естерифікованих каприлової, капринової, лауринової, пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої й ліноленової жирних кислот, яким притаманна антибактеріальна та антигрибкова активність [7, 28, 39], у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується (відповідно до 400,99 і 366,32 проти 450,71 г/кг натуральної маси). Причому, найбільше

зменшується їх вміст у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зонах Заходу України. Це може вказувати на те, що на екологічно більш забруднених територіях антибактеріальна та антигрибкова активність свіжопобудованих бджолиних стільників зменшується.

Максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність проявляють мононенасичені (пальмітоолеїнова та олеїнова) та особливо поліненасичені (лінолева та ліноленова) естерифіковані жирні кислоти [74, 160]. Виявлено, що екологічні умови довкілля мають значний вплив на загальний вміст мононенасичених і поліненасичених естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, вміст наведених вище естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 394,43 і 361,33 проти 440,37 г/кг натуральної маси). Найбільше зменшується їх вміст у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Довголанцюгові жирні кислоти (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) у бджолиних стільниках здатні зв'язувати важкі мінеральні елементи, насамперед двовалентні [74, 142]. Зафіксовано, що екологічні умови довкілля мають вплив на вміст наведених вище естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, вміст довголанцюгових естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший (відповідно 430,56 і 396,67 проти 479,85 г/кг натуральної маси). Найбільше зменшується їх вміст у бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

З таблиці 5.25 видно, що в свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з стільниками, відібраними з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується концентрація таких насичених естерифікованих

жирних кислот, як каприлова, капринова, лауринова, міристинова та стеаринова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

Висновки до розділу 5

1. У свіжопобудованих бджолиних стільниках (язиках), отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та, особливо, лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською, зростає найбільше вміст Феруму, Цинку, Плюмбуму та Кадмію, а також істотно підвищується концентрація Купруму, Хрому, Ніколу.

2. У досліджених нами бджолиних стільниках за рахунок насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених родин ω -7 й ω -9 і поліненасичених родин ω -3 і ω -6 збільшується концентрація аніонних жирних кислот та зменшується – неестерифікованих і естерифікованих жирних кислот. Це може вказувати на істотне ослаблення антибактеріальної й антигрибкової активності бджолиних стільників та збільшення крихкості їх стінок.

3. Високий рівень вмісту важких металів і аніонних жирних кислот, але низький неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, є наслідком урбанізації та індустріалізації території і погіршує умови функціонування мікропопуляцій бджіл.

Результати наведених вище експериментальних досліджень представлені в публікаціях [252, 253].

Список використаних джерел до розділу 5

249. Галатюк О. Є. Хвороби бджіл та основи бджільництва. Житомир : Полісся, 2010. 344 с.
250. Кернична І. З. Дослідження ефективності застосування антиоксидантів та ентеросорбентів за умов інтоксикації солями Цинку та Купруму : автореф.

- дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.04 “Біохімія”. Львів, 2007. 20 с.
251. Колбина Л. М. Хозяйственно полезные и биологические особенности медоносных пчёл в медосборных условиях Западного Предуралья : автореф. дис. на соискание учён. степени д-ра с.-х. наук : спец. 06.02.04 «Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства». Ижевск, 2009. 28 с.
252. Клим О. Я. Вміст важких металів і естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках в різних природних зонах Карпатського регіону. *Бджільництво України*. Київ, 2018. Вип. 3. С. 62-69.
253. Клим О. Я. Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках (язиках) в різних природних зонах Карпатського регіону. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «*Бджільництво України: історія, сьогодення, шляхи розвитку*», м. Київ, 2018. С. 18-19
254. Разанов С. Ф. Удосконалення технологічних операцій виробництва бджолиного воску в умовах техногенного забруднення медоносних угідь важкими металами. *Сільське господарство та лісівництво. Серія Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2016. № 4. С. 212–219.

Розділ 6

НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ НАТУРАЛЬНИХ МЕДІВ, ОТРИМАНИХ У РІЗНИХ ЕКОУМОВАХ

6.1. Просторова динаміка вмісту важких металів залежно від умов медозбору

У натуральних квіткових медах згідно вимог Національного стандарту України (ДСТУ 4497:2005) контролюють вміст таких токсичних елементів, як Плюмбум, Кадмій та Арсен [1, 6, 40]. Добрим вважається натуральний квітковий мед, який містить у своєму складі не більше 1,0 і 0,05 мг/кг відповідно Плюмбуму та Кадмію [16, 90, 124]. Крім того, добрий натуральний квітковий мед не повинен містити в своєму складі навіть слідів Арсену [103, 157, 235].

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу та Плюмбуму в натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України не перевищує допустимі норми наведеного вище чинного стандарту [212]. Однак, у натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з натуральними поліфлорними медами, отриманими із вуликів, розміщених у гірській зоні, міститься більша кількість таких важких металів, як Ферум, Цинк, Купрум, Хром, Нікол та Плюмбум (табл. 6.26).

Із наведених у таблиці даних видно також, що в натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України, міститься найбільша кількість важких металів. Це вказує на вищий рівень урбанізації та індустралізації, а відповідно і забруднення цієї природної зони. Концентрація важких металів у пилку впливає на організм медоносних бджіл, чистоту меду і здоров'я людини.

Таблиця 6.26

Вміст важких металів у поліфлорних медах, мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Важкі метали та їх символи	Природні зони Заходу України		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	2,40±0,112	3,96±0,099***	5,66±0,202***
Цинк, Zn	2,40±0,107	4,19±0,109***	6,83±0,254***
Купрум, Cu	0,19±0,011	0,41±0,017***	0,76±0,031***
Хром, Cr	0,21±0,011	0,42±0,020***	0,80±0,031***
Нікол, Ni	0,18±0,011	0,41±0,017***	0,60±0,020***
Плюмбум, Pb	0,03±0,003	0,08±0,003***	0,12±0,005***
Кадмій, Cd	Сліди	Сліди	Сліди

Незважаючи на те, що наші дослідження показали, що вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу та Плюмбуму в натуральних поліфлорних медах у різних природних зонах Заходу України не перевищує допустимі норми чинного вітчизняного стандарту, їх концентрація у медах лісостепової і передгірної зони погіршує якість меду.

Шість із семи вивчених хімічних елементів концентруються в два-три рази більшій кількості в умовах лісостепу (забрудненої зони), порівняно з гірськими умовно чистими умовами. Нагромадження підвищеної кількості важких металів у медах, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською, знижує їх біотичну і харчову цінність.

Низка вчених [2, 17, 22, 30] встановили залежність між забрудненням важких металів природного середовища та вмістом їх в організмі бджіл і продуктах бджільництва. За концентрацією важких металів у ґрунті, рослинах і продукції бджільництва збудовано такий ряд у порядку їх зменшення: Mg-Mn-Cr-Pb-Cd-Hg-As. Концентрація окремих важких металів (Pb і Cd) у меді є дещо вищою, ніж у інших продуктах бджільництва (перзі й воску). Такі забруднюючі речовини, як Плюмбум головним чином нагромаджується у воску і меді, Кадмій –

– у меді, Арсен – у воску. Таким чином, бджоли, збираючи нектар і пилок із рослин, які містять високі рівні важких металів та інші шкідливі речовини, не тільки самі піддаються негативному впливу, а й стають небезпечним джерелом забруднення вироблених ними продуктів, особливо Pb, Cd і As [35, 112, 165].

На якість продуктів бджільництва істотно впливають умови функціонування мікропопуляцій бджіл, основу яких становлять бджолині сім'ї [1, 7, 23, 54, 62, 179]. У літературі є дуже багато даних, які свідчать про забрудненість важкими металами медів із тих пасік, які розміщені біля автотрас і промислових майданчиків. Зокрема встановлено, що в зразках медів, зібраних бджолами з таких пасік, вміст Плюмбуму в два і більше рази перевищує цей же показник у зразках медів з пасік, які віддалені від цих об'єктів [64, 206].

6.2. Основні показники якості натуральних медів, отриманих у різних екоумовах

Нашим наступним завданням було встановити вплив концентрації важких металів у компонентах мікропопуляційних екосистем та їх жирокислотного складу та основні якісні показники натуральних поліфлорних медів, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України.

Зміни вмісту важких металів, а також зміщення пропорцій синтезу тих, чи інших жирних кислот у компонентах мікропопуляційних екосистем, в тому числі в організмі бджіл, супроводжуються змінами основних якісних показників натуральних поліфлорних медів, відібраних у різних за природними умовами і станом довкілля зонах.

Нашими дослідженнями встановлено, що в натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з натуральними поліфлорними медами, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, знижується діастазне число (відповідно до $24,1 \pm 1,81$, $p < 0,01$ і $18,9 \pm 1,28$, $p < 0,001$ проти $35,4 \pm 2,78$ одиниць Готе – рис. 6.4 А) та вміст відновлювальних цукрів ($178,3 \pm 14,52$, $p < 0,01$ і $124,4 \pm 11,20$, $p < 0,001$

проти $240,8 \pm 16,45\%$ – рис. 6.4 Б) і проліну ($384,2 \pm 15,45$, $p < 0,01$ і $342,2 \pm 12,84$, $p < 0,001$ проти $452,3 \pm 22,05$ мг/кг – рис. 6.5 А), але підвищується рівень гідроксиметилфурфурулу (відповідно до $4,9 \pm 0,38$, $p < 0,01$ і $8,1 \pm 0,69$, $p < 0,001$ проти $2,1 \pm 0,16$ мг/кг – рис. 6.5 Б) .

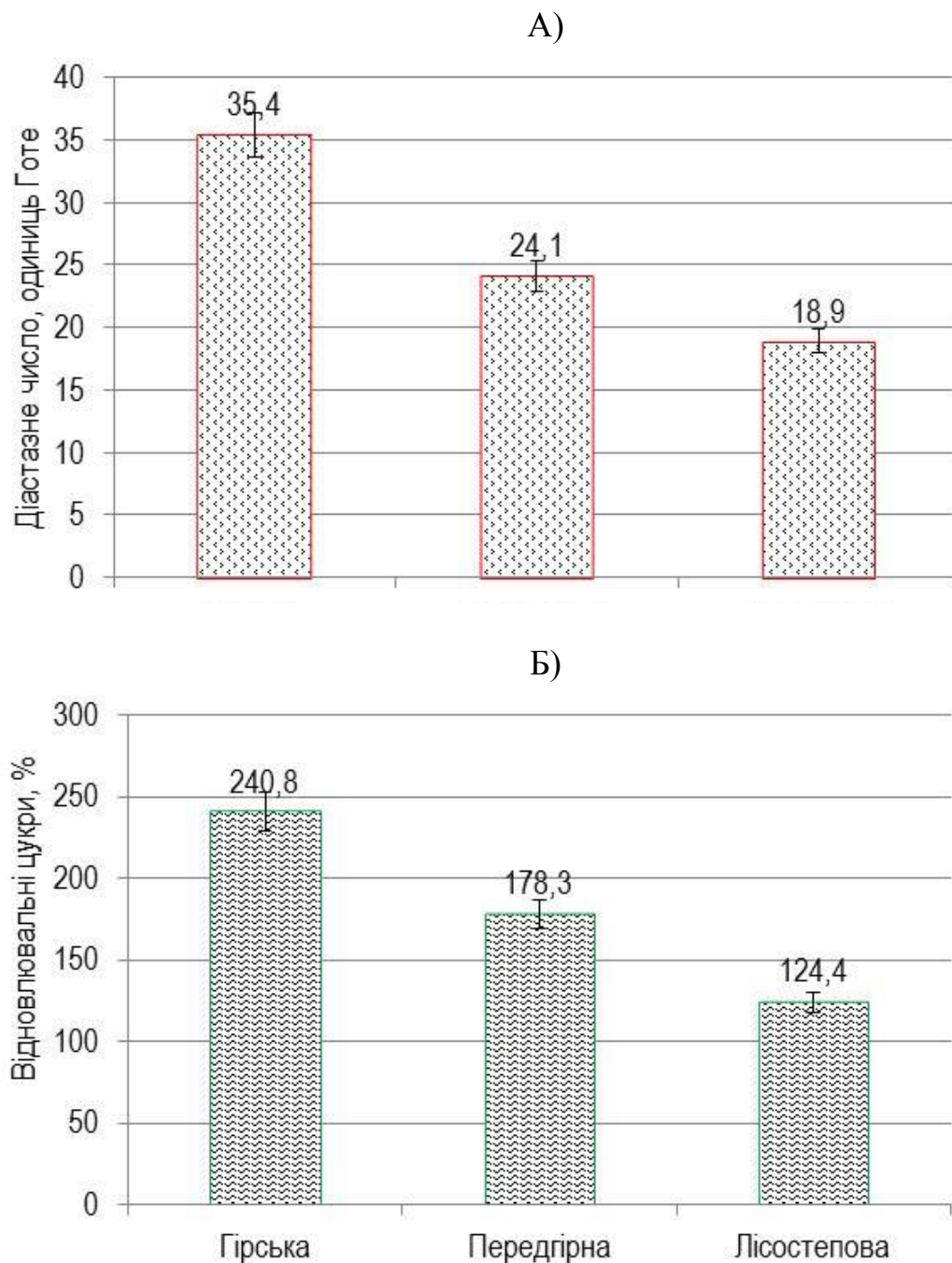


Рис. 6.4. Динаміка зміни якості натурального меду за показниками діастазного числа (А) та вмісту цукрів (Б) залежно від зони функціонування модельних мікропопуляційних екосистем у Заході України.

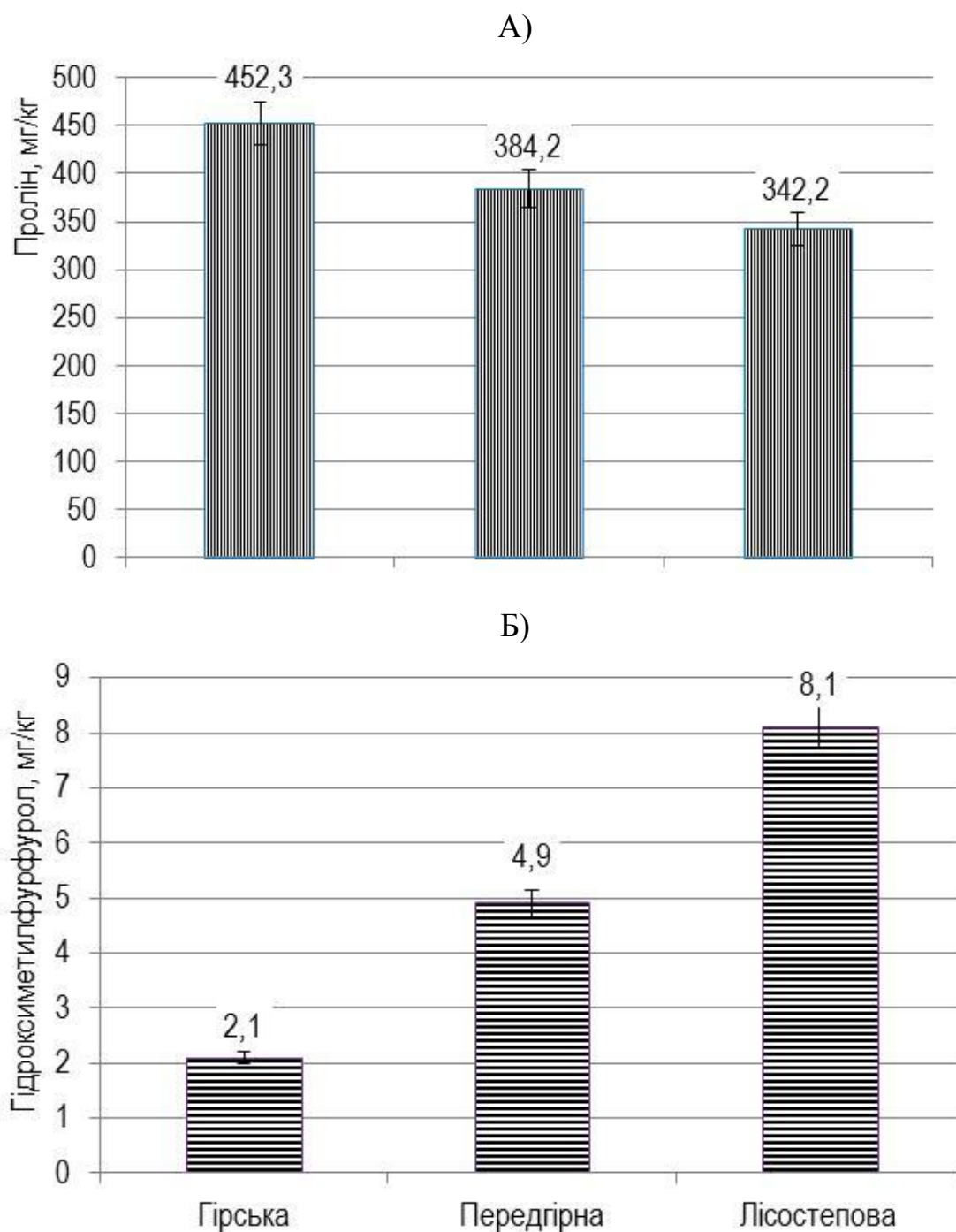


Рис. 6.5. Динаміка зміни якості натурального меду за показниками вмісту проліну (А) та вмісту гідроксиметилфурфуролу (Б) залежно від зони функціонування модельних мікропопуляційних екосистем Заходу України.

Високе дістазне число медів вказує на більшу інтенсивність розщеплення в них поліцукрів α - і β -амілазою. Високий вміст відновлювальних цукрів і проліну в медах підтверджує їх природне походження. Низький рівень

гідроксиметилфурфуролу в медах вказує насамперед на їх потенційну здатність до тривалого зберігання.

Згідно вимог чинного Національного стандарту ДСТУ 4497:2005 у добрих натуральних поліфлорних медах діастазне число повинно бути не менше 10 одиниць Готе. У таких медах вміст відновлювальних цукрів повинен бути не меншим 70%. У них також повинно бути не менше 300 і не більше 10 мг/кг натуральної маси відповідно проліну та гідроксиметилфурфуролу.

Висновки до розділу 6

1. Основні якісні показники натуральних поліфлорних медів (діастазне число та вміст відновлювальних цукрів, проліну й гідроксиметилфурфуролу), отриманих із вуликів гірської, передгірної та лісостепової мікропопуляцій бджіл, знаходяться у гранично-допустимих межах, визначених чинним Національним стандартом ДСТУ 4497 : 2005.

2. Різні природні умови фізико-географічних зон Західної України, а також різні супені загального техногенного забруднення і, в тому числі, важкими металами, спричинюють істотні зміни у синтезі й нагромадженні жирних кислот у рослинах-медоносах (зокрема в їхньому пилку), впливають на метаболізм жирних кислот у організмі бджіл, і в кінцевому підсумку істотно впливають на якісні показники натуральних поліфлорних медів.

3. Діастазне число меду істотно зменшується з 35,4 од. Готе у гірських мікропопуляціях до 18,9 од. Готе у лісостеповій зоні.

4. Вміст відновлювальних цукрів у меді зменшується від 240,8% у гірських умовах до 124,4% у лісостеповій зоні, проліну – відповідно від 452,3 до 342,2 мг/кг продукції.

5. Концентрація гідроксиметилфурфуролу зростає від 2,1 мг/кг у гірському меді до 8,1 мг/кг у меді лісостепової зони.

Результати наведених вище експериментальних досліджень представлені в публікаціях [259, 261].

Список використаних джерел до розділу 6

255. Виноград Н. О., Клим О. Я. Аспекти біобезпеки у бджільництві // Матер. Наук-практ. Конф. З міжнародною участю. Львів, 12-13 травня 2016 р. 257 с.
256. Волощанська С. С. Біондикація стану забруднення довкілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ – Варшава»). *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2008. Вип. 16, т. 2. С. 24–28.
257. Забоенко А. С. Все о пчеловодстве. Донецк : ООО ПКФ "БАО", 2008. С. 93–102.
258. Ковальчук І. І. Важкі метали та ліпіди тканин і продукції бджіл за умов традиційного й органічного бджільництва та способи корекції їхніх рівнів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра вет. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин». Львів, 2015. 40 с.
259. Клим О. Я. Забруднення продукції бджільництва важкими металами. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України», с. Оброшино, 16 листоп. 2016 р. Львів-Оброшино, 2016. С. 23–24.
260. Курляк І. М. Міграція рухомих форм свинцю і цинку у вегетативну частину рослин та організм тварини на фоні дії ентеросорбентів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.16 “Екологія”. Львів, 2009. 20 с.
261. Клим О., 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.

Розділ 7

АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКУ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ, ЖИРНОКИСЛОТНИМ МЕТАБОЛІЗМОМ ТА ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛЬНИЦТВА В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ

Мета дисертаційної роботи впливає з сучасних тенденцій у досліджуваному питанні, які полягають у вивченні впливу різної інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, викликане зростанням темпів урбанізації та індустріалізації територій, на вміст важких мінеральних елементів у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл, бджолиних стільниках і натуральних поліфлорних медах, а також на концентрацію аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот, у бджолиному обніжжі, тканинах медоносних бджіл і бджолиних стільниках. Це зумовлено, з одного боку, негативним впливом важких металів на організм медоносних бджіл і якість натуральних квіткових медів [6, 40,212], а з другого – позитивним впливом жирних кислот бджолиного обніжжя, які володіють атрактивними, антибактеріальними, функціонально-метаболическими та біологічними властивостями, на організм медоносних бджіл [1, 16, 90].

Бджолине обніжжя містить в своєму складі всі необхідні для організму медоносних бджіл поживні (білки, жири та вуглеводи) та біологічно активні речовини (вітаміни та гормоноподібні сполуки), а також мінеральні елементи (легкі та важкі метали) [11, 14]. Білковий, амінокислотний, ліпідний, жирнокислотний, вуглеводний, вітамінний та мінеральний склад бджолиного обніжжя впливає на продуктивні та відтворні показники медоносних бджіл [9, 39, 43]. Він також має вплив на стан здоров'я та тривалість життя наведеного вище виду комах [15, 25, 213, 218].

Території з різною інтенсивністю техногенного навантаження мають неоднаковий ступінь забруднення важкими мінеральними елементами, в т. ч. токсичними (Плюмбумом, Кадмієм, Меркурієм та Арсенієм) [17, 24, 35]. Рослини, які проростають на територіях з різною інтенсивністю техногенного

навантаження, по-різному акумулюють в собі наведені вище важкі мінеральні елементи [17, 20, 38, 122]. Останні відкладаються не тільки в листочках і стеблї рослин. Вони активно нагромаджуються також у суцвітті та пилку рослин [14, 34]. Медоносні бджоли, споживаючи пилок рослин і приготовлену з нього пергу, інтенсивно нагромаджують важкі мінеральні елементи у тканинах свого тіла [2, 23, 44, 70]. Паралельно, збираючи нектар із рослин, в яких є великі кількості важких металів, в тому числі токсичних, бджоли нагромаджують їх в квіткових медах [6, 40, 51, 157, 232].

Важким мінеральним елементам (Феруму, Хрому, Купруму, Цинку, Ніколу, Плюмбуму, Кадмію та Арсену), які містяться в бджолиному обніжжі, зараз надається велике значення [13, 14, 55, 75]. Зокрема, чинними нормативними документами в бджолиному обніжжі нормується вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму, Кадмію, Меркурію та Арсену [242]. Згідно цих нормативних документів, добрим для організму медоносних бджіл вважається обніжжя, в якому масова частка Купруму, Плюмбуму, Кадмію, Меркурію, Цинку та Арсену є не більшою відповідно $0,5 \cdot 10^{-3}$, $0,4 \cdot 10^{-4}$, $0,3 \cdot 10^{-5}$, $0,2 \cdot 10^{-5}$, $0,1 \cdot 10^{-2}$ і $0,2 \cdot 10^{-4}$.

Бджолине обніжжя є вагомим індикатором забруднення важкими мінеральними елементами навколишнього середовища [51, 75, 206]. Однак пилок із різних видів рослин по-різному акумулює в собі окремі важкі мінеральні елементи [79, 93, 103, 131, 248]. Тому за результатами спектрального аналізу бджолиного обніжжя важко сказати, яким буде вміст важких мінеральних елементів у натуральних квіткових медах. Видно, найточнішим індикатором забруднення навколишнього середовища важкими мінеральними елементами є пилок з окремих видів рослин. На цій основі розроблено спосіб більш точного прогнозування вмісту важких мінеральних елементів у натуральних квіткових медах [1, 235].

Встановлено, що в пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є вищий рівень важких металів [229, 230].

Зокрема, за цих умов у пилку з кульбаби лікарської та яблуні є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію ($p < 0,05 - 0,001$).

Слід відмітити, що вміст Цинку, Купруму, Плюмбуму та Кадмію, які контролюються нормативними документами, у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного нами з вуликів, розміщених на територіях із різною інтенсивністю техногенного навантаження, був у допустимих межах [11].

Вміст жирних кислот у пилку медоносних рослин залежить, з одного боку, від їх виду [33], а з другого – від впливу агротехнічних умов росту та екологічних факторів, зокрема, від інтенсивності техногенного навантаження на довкілля. Причому, жирні кислоти у пилку знаходяться в естерифікованій (у складі фосфоліпідів, естерифікованого холестеролу, моноацилгліцеролів, диацилгліцеролів і триацилгліцеролів), неестерифікованій та аніонній (зв'язані з катіонами) формах [234]. Рівень естерифікованих форм жирних кислот у рослинному пилку залежить від інтенсивності процесів естерифікації, неестерифікованих – обміну, а аніонних – вмісту катіонів і обміну.

Встановлено, що із зміною інтенсивності техногенного навантаження на довкілля в пилку з кульбаби лікарської та яблуні змінюється вміст неестерифікованих і аніонних форм жирних кислот, а також естерифікованих жирних кислот [229, 230]. Це впливає на енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболічну та загальнобіотичну цінність пилку з наведених вище видів рослин.

Від мінеральних елементів, найбільше від двовалентних, залежить кількість жирних кислот у пилку рослин, які знаходяться в аніонній формі. Це пов'язано з тим, що неестерифіковані жирні кислоти здатні зв'язувати мінеральні елементи [185]. Разом з тим, мінеральні елементи в рослині, зокрема в пилку, тісно зв'язані з синтезом і обміном жирних кислот [14, 16, 242]. Так, від Купруму та Цинку залежить активність ензимів, які приймають участь у видовженні вуглецевого ланцюга жирної кислоти та утворенні у ньому ненасичених зв'язків [28, 177].

Встановлено [229, 230], що в пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, збільшується загальна концентрація аніонних форм жирних кислот ($p < 0,05-0,001$). Збільшення концентрації аніонних форм жирних кислот у наведеному вище пилку може вказувати на зменшення в ньому кількості неестерифікованих форм жирних кислот. Зменшення кількості останніх, у свою чергу, може вказувати на зниження енергетичної, атрактивної та функціонально-метаболічної цінності бджолиного обніжжя. Це пов'язано з тим, що аніонні форми жирних кислот, на відміну від неестерифікованих, є малодоступними для організму медоносних бджіл [7, 13, 23, 151].

Вищий рівень аніонних форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлений більшим вмістом у їх складі насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$ ($p < 0,05-0,001$). Відношення вмісту аніонних форм поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до аніонних форм поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$ при цьому зменшується ($p < 0,05-0,01$).

Із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля в пилку з кульбаби лікарської та яблуні збільшується концентрація таких аніонних форм насичених жирних кислот, як капринова, лауринова, пальмітинова та стеаринова; таких мононенасичених – пальмітоолеїнова та олеїнова; таких поліненасичених – лінолева та ліноленова ($p < 0,05-0,001$).

Неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш активними [27, 39]. Встановлено, що в пилку з кульбаби лікарської та яблуні джомашньої, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується загальний вміст

неестерифікованих форм жирних кислот ($p < 0,05-0,001$). Причому, найбільш низький загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот виявлено у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, які проростають у лісостеповій зоні Заходу України.

Менша загальна кількість неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні зумовлена в основному мононенасиченими жирними кислотами родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасиченими жирними кислотами родин $\omega-3$ і $\omega-6$ ($p < 0,05-0,001$). При цьому, в пилку з кульбаби лікарської та яблуні зменшується відношення вмісту неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до неестерифікованих форм поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$ ($p < 0,05-0,001$). Останнє вказує на те, що із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля знижується активність десатураз у тканинах кульбаби лікарської та яблуні [44, 67, 75, 248]. Зниження активності наведених вище ензимів у тканинах рослин призводить до зменшення синтезу лінолевої та ліноленової кислот – родоначальниць більш довголанцюгових і більш ненасичених жирних кислот родин відповідно $\omega-6$ і $\omega-3$ [192, 205].

Одночасно з підвищенням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля в пилку з кульбаби лікарської та яблуні зменшується вміст неестерифікованих форм насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу ($p < 0,05-0,001$). Наведене вище призводить до підвищення ненасиченості неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні.

Зменшення загального вмісту неестерифікованих форм жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні зі зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля може вказувати на зниження енергетичної забезпеченості організму медоносних бджіл. Як відомо, неестерифіковані форми жирних кислот є найбільш доступним для них видом енергії [192].

Серед речовин пилку, що привертають увагу медоносних бджіл, є жирні кислоти [243]. Показано, що коротколанцюгові (10 і менше атомів Карбону в

ланцюгу) та довголанцюгові (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) жирні кислоти бджолиного обніжжя володіють атрактантними властивостями. Встановлено [228, 229], що загальний вміст неестерифікованих форм жирних кислот, які володіють атрактантними властивостями, у пилку з кульбаби лікарської та яблуні зі збільшенням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля є менший ($p < 0,05 - 0,001$). Таким чином, на територіях з більшою інтенсивністю техногенного навантаження зменшуються атрактантні властивості рослинного пилку.

Жирні кислоти проявляють антибактеріальну та антигрибкову активність. Антимікробна активність притаманна багатьом жирним кислотам (каприловій, каприновій, лауриновій, олеїновій, лінолевій та ліноленовій). Тому ці жирні кислоти відіграють важливу роль у гігієні медоносних бджіл і вулика [7, 123]. Дані літератури вказують на те, що чим коротший Карбоновий ланцюг і більша в ланцюгу кількість ненасичених зв'язків, тим більше жирні кислоти обніжжя забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму бджіл і вулика [28, 238].

Виявлено [229, 230], що загальний вміст неестерифікованих форм капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший ($p < 0,05 - 0,001$).

У бджолиному обніжжі є дуже високий загальний вміст легкодоступних і високоактивних неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот – пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленової [10, 13, 16, 219]. Встановлено [228, 230], що загальний вміст неестерифікованих форм ненасичених жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з

пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший ($p < 0,05 - 0,001$).

У пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, вірогідно зменшується вміст таких неестерифікованих форм насичених жирних кислот, як капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

Встановлено, що із зміною інтенсивності техногенного навантаження на довкілля в пилку з кульбаби лікарської та яблуні змінюється вміст естерифікованих жирних кислот [229, 230]. Це впливає на загальну енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболічну та загальнобіотичну цінність пилку з наведених вище видів рослин [14, 16, 38].

Дані літератури вказують на те, що в енергетичному відношенні ліпіди є набагато ціннішими за білки та вуглеводи [67, 99]. Вважається, що чим більша кількість естерифікованих жирних кислот (насичених, мононенасичених і поліненасичених) є у пилку, тим більша його енергетична цінність для організму медоносних бджіл [101, 105].

Доведено [229, 230], що вміст естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраним з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший ($p < 0,05 - 0,001$). Менша кількість насичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні зумовлена нижчим рівнем в їх складі жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу. Менша кількість мононенасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, які проростають на наведених вище

територіях, зумовлена жирними кислотами родин ω -7 і ω -9, а поліненасичених жирних кислот – родин ω -3 і ω -6. Одночасно в пилку з кульбаби лікарської та яблуні знижується відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6. Це призводить до зміни енергетичної, атрактивної та біологічної цінності пилку з кульбаби лікарської та яблуні для організму медоносних бджіл [222, 251].

Встановлено [229], що вміст капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленої кислот загальних ліпідів, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, відібраного з вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший ($p < 0,05$ – $0,001$). Таким чином, найбільше зменшується вміст насичених (12 і менше атомів Карбону в ланцюгу) і ненасичених (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) жирних кислот, які забезпечують антибактеріальний та антигрибковий захист організму медоносних бджіл і вулика, у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Зафіксовано [228, 230], що вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот (пальмітоолеїнової, олеїнової, лінолевої та ліноленої) у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з пилком з кульбаби лікарської та яблуні, отриманих із вуликів, розміщених у гірській зоні, є менший ($p < 0,05$ – $0,001$). Найбільше зменшується вміст ненасичених естерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні, отриманому з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України.

Дуже високий вміст ненасичених жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської та яблуні може сприяти зростанню проникливості їх структурних складових для води та водорозчинних речовин [248]. Він також може сприяти зростанню проникливості для наведених вище речовин тканин організму медоносних бджіл [201, 258].

Із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля в пилку з кульбаби лікарської та яблуні вірогідно збільшується концентрація таких насичених естерифікованих жирних кислот, як капринова, лауринова, міристинова, пентадеканова, пальмітинова та стеаринова, але зменшується таких мононенасичених жирних кислот, як пальмітоолеїнова та олеїнова, і таких поліненасичених жирних кислот, як лінолева та ліноленова.

Наведене вище вказує на те, що в результаті зростання інтенсивності техногенного навантаження на довкілля зменшується енергетична, атрактивна, функціонально-метаболична та біологічна цінність неестерифікованих форм жирних кислот і естерифікованих жирних кислот пилку з кульбаби лікарської та яблуні для організму медоносних бджіл.

Встановлено [244, 245], що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, підвищується рівень Феруму, Цинку, Ніколу, Хрому та дуже токсичних Плюмбуму та Кадмію ($p < 0,05 - 0,001$). Разом із тим у тканинах черевця, грудей та голови наведених вище медоносних бджіл змінюється вміст аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот. Це впливає на енергетичну, функціонально-метаболичну та загальнобіотичну цінність жирних кислот для організму медоносних бджіл. Важкі метали причетні до видовження Карбонового ланцюга жирних кислот, його десатурації та окиснення у тканинах медоносних бджіл. Зокрема, Ферум, у всіх концентраціях, стимулює пероксидне окиснення ненасичених жирних кислот [8, 170, 189]. Купрум, у гранично-допустимих концентраціях, активуючи Δ^9 - десатуразу, сприяє утворенню мононенасичених жирних кислот із насичених [236]. Цинк, також у гранично-допустимих концентраціях, активуючи Δ^3 -, Δ^4 -, Δ^5 - і Δ^6 -десатурази, сприяє утворенню більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних із мононенасичених і поліненасичених жирних кислот [10, 236]. Плюмбум та Кадмій, у всіх концентраціях (малих, середніх і великих) негативно впливають на обмінні процеси жирних кислот в організмі бджіл [8, 39].

У тканинах медоносних бджіл проходить зв'язування неестерифікованих жирних кислот з катіонами, зокрема з важкими металами. При цьому утворюються малоактивні в метаболічному відношенні аніонні форми жирних кислот [39]. Встановлено, що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля має вплив на вміст аніонних жирних кислот у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл [244, 245]. Так, загальний вміст аніонних жирних кислот у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є більший ($p < 0,05-0,01$).

Більша кількість аніонних жирних кислот у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зумовлена більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$ ($p < 0,05-0,01$). При цьому, в тканинах черевця, грудей та голови наведених вище медоносних бджіл не змінюється відношення вмісту аніонних поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до аніонних поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$ ($p < 0,5-0,1$).

Встановлено [244, 245], що загальний вміст високоактивних у метаболічному відношенні неестерифікованих форм жирних кислот і середньоактивних у метаболічному відношенні естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є меншим ($p < 0,05-0,01$). Зменшення вмісту наведених вище жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, можливо, викликано більш інтенсивними обмінними процесами у травному каналі [23, 42, 250] та інтенсивною роботою у весняно-літній період воскових залоз.

Менша концентрація неестерифікованих насичених жирних кислот і насичених естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій

зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною зумовлена меншим вмістом у їх складі жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу ($p < 0,01$). Слід відмітити, що насичені жирні кислоти, насамперед довголанцюгові, зокрема пальмітинова та стеаринова, у воскових залозах, які розміщені у черевці бджіл, у першу чергу використовуються для синтезу воску [189]. Зокрема, пальмітинова та стеаринова кислоти, естерифікуючись до спиртів з 22-26 атомами Карбону в своєму складі, утворюють віск, необхідний для побудови стільників. Воскові залози медоносних бджіл дуже активні на початку сезону збирання пилку та нектару. Медоносні бджоли для своїх воскових залоз використовують пальмітинову та стеаринову кислоти, які містяться у пилку [162, 169, 189].

Менша кількість неестерифікованих мононенасичених жирних кислот і мононенасичених естерифікованих жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, викликана меншим вмістом у їх складі жирних кислот родин ω -7 і ω -9 ($p < 0,05-0,01$). Зменшення вмісту наведених вище жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл, очевидно, також викликано більш інтенсивними обмінними процесами у травному каналі [39, 248].

Одночасно в тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, знижується рівень неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 загальних ліпідів ($p < 0,05-0,01$). Паралельно в тканинах черевця згадуваних медоносних бджіл зменшується відношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω -6. Наведене вище, очевидно, пов'язано з меншим надходженням поліненасичених жирних кислот в організм медоносних бджіл з кормом. Зокрема раніше ми вказували, що пилки рослин із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля

містить у своєму складі меншу кількість поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 ($p < 0,05$ – $0,01$).

Менша кількість поліненасичених жирних кислот родини ω -3, порівняно з жирними кислотами родини ω -6, у загальних ліпідах, можливо, також зумовлена особливостями їх обмінних процесів у тканинах черевця медоносних бджіл. Зокрема, у тканинах черевця медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зменшується ефективність перетворень неестерифікованих лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,05$ – $0,01$). Одночасно в загальних ліпідах тканин черевця згадуваних медоносних бджіл зменшується ефективність перетворень лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,05$ – $0,01$).

Дані літератури вказують на те, що жирні кислоти в черевці бджіл, зокрема в жировому тілі, відкладаються у вигляді триацилгліцеролів і за необхідності використовуються як енергетичний та структурний матеріал [68, 74]. Крім того, жирні кислоти, насамперед довголанцюгові насичені, в черевцевих воскових залозах використовуються для синтезу воску [124, 162, 250].

Виявлено [244], що загальна кількість високоактивних у метаболічному відношенні неестерифікованих форм жирних кислот і середньоактивних у метаболічному відношенні естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є меншою ($p < 0,05$ – $0,01$). Зменшення вмісту наведених вище жирних кислот у тканинах грудей та голови наведених вище медоносних бджіл, видно, пов'язано з менш інтенсивним їх надходженням з травного каналу [23, 65, 162, 186]. Зменшення концентрації неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та голови медоносних бджіл може вказувати на зниження їх забезпеченості структурними та біологічно активними компонентами.

Менша кількість неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зумовлена меншим вмістом в їх складі мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9 та поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6 ($p < 0,05$ – $0,01$). Одночасно в тканинах грудей згадуваних медоносних бджіл зменшується відношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω -6. Паралельно в загальних ліпідах тканин грудей наведених вище бджіл знижується відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6. Наведене вище відношення в складі неестерифікованих форм жирних кислот і естерифікованих жирних кислот не змінюється в тканинах голови вказаних вище медоносних бджіл. Таким чином проявляються міжтканинні особливості обмінних процесів жирних кислот у медоносних бджіл.

Разом з тим, у тканинах грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, хвилеподібно змінюється ефективність перетворень неестерифікованих форм лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,1$ – $0,01$). Одночасно в загальних ліпідах тканин грудей та голови згадуваних медоносних бджіл хвилеподібно змінюється ефективність перетворень лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,1$ – $0,01$). Наведена вище зміна ефективності перетворень неестерифікованих лінолевої і ліноленової кислот та лінолевої і ліноленової кислот загальних ліпідів в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні, видно, зумовлена особливостями обмінних процесів у тканинах грудей та голови медоносних бджіл.

Зміни вмісту поліненасичених жирних кислот у тканинах медоносних бджіл можуть впливати на зміни проникливості їх структурних складових для води та водорозчинних речовин [10, 42, 124]. Адже відомо, що поліненасичені жирні

кислоти входять в склад фосфоліпідів клітинних мембран. Лінолева та ліноленова кислоти входять до складу клітинних мембран [31, 256]. Разом з тим, наведені вище поліненасичені жирні кислоти життєво необхідні для організму бджіл [39, 234]. Із таких жирних кислот в організмі комах синтезуються ще більш довголанцюгові та ще більш ненасичені жирні кислоти [28, 238]. Крім того із них синтезуються біологічно активні речовини (простагландини, тромбоксани та лейкотриєни) [27, 105, 215]. Причому в організмі комах із лінолевої кислоти синтезується один ряд біологічно активних речовин, а з ліноленової — другий.

Нижчий рівень неестерифікованих насичених жирних кислот і насичених естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, можливо, зумовлений меншим їх надходженням із травного каналу. Слід відмітити, що нижчий рівень неестерифікованих форм насичених жирних кислот і насичених естерифікованих жирних кислот у тканинах грудей та голови наведених вище медоносних бджіл пов'язаний з меншим вмістом в їх складі жирних кислот з парною та непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу ($p < 0,05-0,01$).

Констатовано [252], що в бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, вірогідно підвищується рівень Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколю, Плюмбуму та Кадмію. Таким чином вміст наведених вище важких металів у бджолиних стільниках характеризує ступінь забрудненості ними досліджуваних територій.

Разом з тим, із зміною інтенсивності техногенного навантаження на довкілля у бджолиних стільниках змінюється вміст аніонних жирних кислот, неестерифікованих жирних кислот і естерифікованих жирних кислот, що впливає на їх фізичні властивості, антибактеріальну та антигрибкову активність [44, 160].

Високоактивні в метаболічному відношенні неестерифіковані довголанцюгові жирні кислоти мають здатність зв'язувати важкі метали, насамперед двовалентні [49, 192, 200]. Причому неестерифіковані

довголанцюгових жирних кислот (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) мають максимальну здатність зв'язувати важкі метали. Зв'язування неестерифікованих форм довголанцюгових жирних кислот з важкими металами проходить також у воскових залозах медоносних бджіл [115, 172, 189]. При цьому утворюються аніонні жирних кислот. Встановлено [252], що загальний вміст аніонних жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є більшим ($p < 0,05-0,01$).

Більша кількість аніонних жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зумовлена більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$. Відношення вмісту аніонних поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до аніонних поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$ при цьому зростає.

Встановлено [252], що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля впливає на загальний вміст високоактивних у метаболічному відношенні неестерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках. Так, загальний вміст неестерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є меншим ($p < 0,05-0,01$).

Менша кількість неестерифікованих ненасичених жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зумовлена в основному меншим вмістом в їх складі мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$ ($p < 0,05-0,01$). Відношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини

ω -6 при цьому зменшується ($p < 0,05-0,01$). Наведені вище процеси проходять у воскових залозах медоносних бджіл [8, 49, 170, 254].

Менша кількість неестерифікованих насичених жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, викликана меншим вмістом в їх складі жирних кислот з парною та непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу ($p < 0,05-0,01$). Таким чином, із підвищенням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля найбільш виражено зменшується концентрація неестерифікованих насичених жирних кислот у бджолиних стільниках.

Неестерифіковані каприлова, капринова, лауринова, олеїнова, лінолева та ліноленова кислоти проявляють найбільш виражену антибактеріальну та антигрибкову активність. Зафіксовано [255], що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля має суттєвий вплив на загальну концентрацію неестерифікованих каприлової, капринової, лауринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот у бджолиних стільниках. Так, загальний вміст неестерифікованих наведених вище жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зменшується ($p < 0,05-0,01$).

Неестерифіковані мононенасичені (пальмітоолеїнова та олеїнова) і, особливо, поліненасичені (лінолева та ліноленова) жирні кислоти проявляють максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність. Виявлено [252], що інтенсивність техногенного навантаження на довкілля має значний вплив на загальний вміст неестерифікованих мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, загальний вміст неестерифікованих мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є менший ($p < 0,05-0,01$).

Процес зв'язування неестерифікованих жирних кислот з важкими металами у воскових залозах медоносних бджіл і утворення аніонних жирних кислот віддзеркалюється на вмісті естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках. Останні представлені, в основному, жирними кислотами, які знаходяться в ефірному зв'язку з довголанцюговими спиртами.

Встановлено [252], що рівень техногенного навантаження на довкілля впливає на вміст естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, вміст естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є меншим ($p < 0,05-0,01$). Найменший вміст естерифікованих жирних кислот виявлено у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зонах Заходу України.

Менша кількість естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, в основному зумовлена меншим вмістом в їх складі мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ та $\omega-9$ і поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$ ($p < 0,05-0,01$). Відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини $\omega-3$ до поліненасичених жирних кислот родини $\omega-6$ у свіжопобудованих бджолиних стільниках при цьому зменшується ($p < 0,05-0,01$).

У свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, збільшується концентрація основних насичених естерифікованих жирних кислот з парною кількістю атомів Карбону в ланцюгу ($p < 0,05-0,01$).

Вище відношення вмісту насичених жирних кислот до ненасичених жирних кислот у загальних ліпідах свіжопобудованих бджолиних стільників (язиків),

отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, може вказувати на підвищення крихкості їх стінок [28, 74, 249].

Антибактеріальна та антигрибкова активність притаманна багатьом жирним кислотам – каприловій, каприновій, лауриновій, олеїновій, лінолевій та ліноленовій [10, 99, 141]. Так, вміст наведених вище кислот загальних ліпідів у свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, зменшується ($p < 0,05-0,01$). Причому, найбільше зменшується їх вміст у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Заходу України. Це може вказувати на те, що на екологічно більш забруднених територіях антибактеріальна та антигрибкова активність свіжопобудованих бджолиних стільників (язиків) знижується [10, 108, 141].

Максимальну антибактеріальну та антигрибкову активність проявляють мононенасичені (пальмітоолеїнова та олеїнова) та, особливо, поліненасичені (лінолева та ліноленова) естерифіковані жирні кислоти [10, 99]. Встановлено [252, 259], що екологічні умови довкілля мають значний вплив на загальний вміст мононенасичених і поліненасичених естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, вміст наведених вище естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є менший ($p < 0,05-0,01$).

Довголанцюгові жирні кислоти (18 і більше атомів Карбону в ланцюгу) у бджолиних стільниках здатні зв'язувати важкі мінеральні елементи, насамперед двовалентні. Зафіксовано [252, 259], що екологічні умови довкілля мають вплив на вміст наведених вище естерифікованих жирних кислот у свіжопобудованих бджолиних стільниках. Так, вміст згадуваних довголанцюгових естерифікованих жирних кислот у бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, є менший ($p < 0,05-0,01$).

Чинними державними стандартами у натуральних поліфлорних медах контролюють вміст таких токсичних важких металів, як Плюмбум, Кадмій та Арсен [16, 40]. Добрим вважається натуральний поліфлорний мед, який містить у своєму складі не більше 1,0 і 0,05 мг/кг відповідно Плюмбуму та Кадмію. Добрий натуральний поліфлорний мед не повинен містити в своєму складі навіть слідів Арсену [90, 103].

Особливу зацікавленість представляють дані щодо вмісту токсичних елементів (Плюмбуму, Кадмію та Арсену) у натуральних поліфлорних медах. Зокрема, в натуральних поліфлорних медах, які отримано із вуликів, розміщених на територіях з різною інтенсивністю техногенного навантаження [1, 35, 51, 226, 235].

Наші експериментальні дані [263] свідчать, що лише в меді модельних популяцій на Заході України містяться неістотні кількості («сліди») кадмію (рис. 7.6).

Водночас, нашими дослідженнями встановлено [263], що вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколю та Плюмбуму (рис. 7.7) в натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених на територіях з різною інтенсивністю техногенного навантаження не перевищує допустимі норми чинного стандарту. Однак, у натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо в лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською зоною, міститься більша кількість таких важких металів, як Ферум, Цинк, Купрум, Хром, Нікол та Плюмбум ($p < 0,05-0,01$). Найбільша кількість наведених вище важких металів виявлена у натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у лісостеповій зонах Заходу України.

Зміни вмісту важких металів супроводжуються змінами основних якісних показників досліджуваних натуральних поліфлорних медів. Зокрема, в натуральних поліфлорних медах, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з натуральними поліфлорними медами, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, знижується діастазне

число та вміст відновлювальних цукрів і проліну, але підвищується рівень – гідроксиметилфурфуролу ($p < 0,01-0,001$).

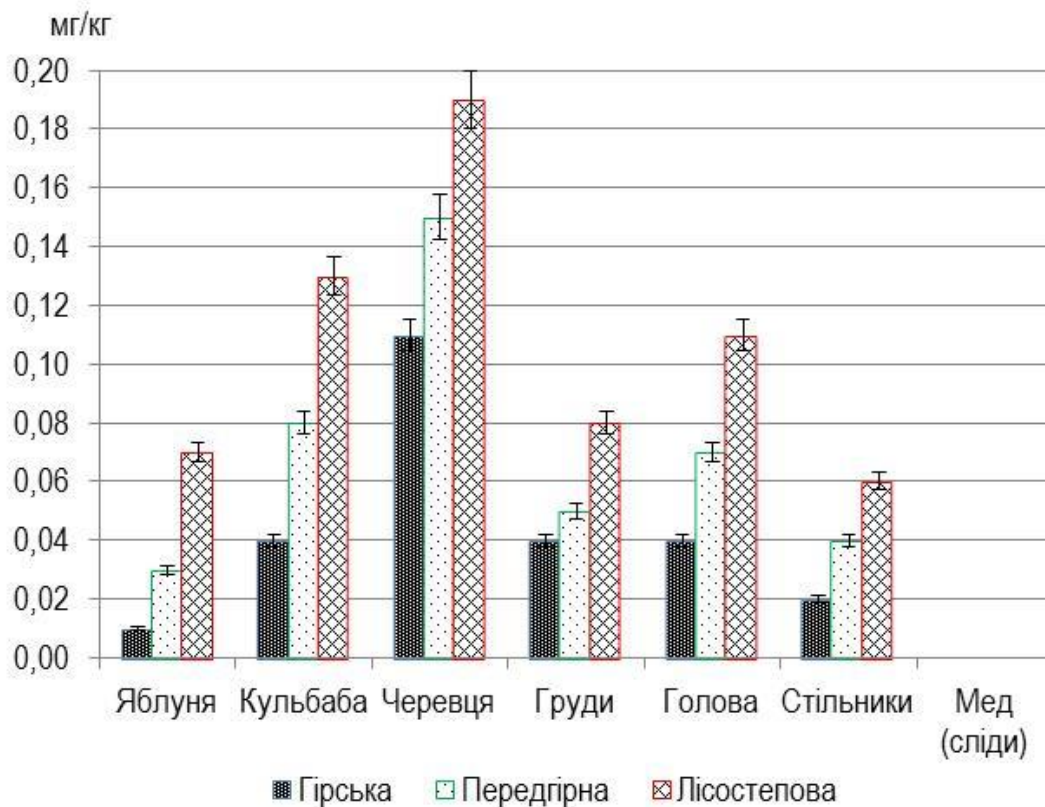


Рис. 7.6. Вміст Кадмію у пилку, тканинах і продукції бджіл залежно від умов у зонах функціонування мікропопуляційних екосистем Заходу України, мг/кг (повітряно-сухої маси для пилку; сирої маси для тканин; натуральної маси для стільників і меду).

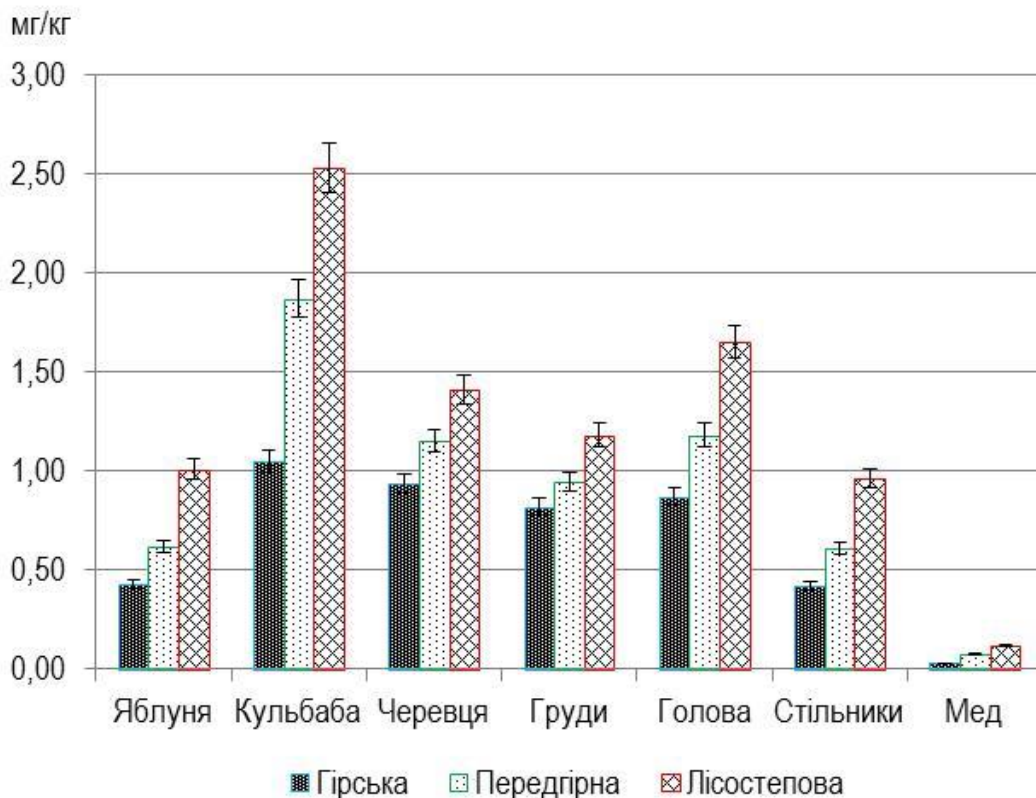


Рис. 7.7. Вміст Плюмбуму у пилку, тканинах органів та продукції бджіл залежно від умов у зонах функціонування мікропопуляційних екосистем у Західній Україні, мг/кг (сухої маси для пилку; сирої маси для тканини; натуральної маси для стільників і меду).

Висновки до розділу 7

1. Основні якісні показники (діастазне число та вміст відновлювальних цукрів, проліну й гідроксиметилфурфуролу) натуральних поліфлорних медів, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Заходу України, знаходяться у гранично-допустимих межах, визначених чинним на даний час Національним стандартом ДСТУ 4497: 2005.

2. У бджолиному обніжжі (переважно пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої), тканинах медоносних бджіл і бджолиних стільниках, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, є високий рівень важких металів і аніонних жирних кислот, але низький неестерифікованих і естерифікованих жирних кислот.

3. У тканинах організму медоносних бджіл, вулики яких розміщені у відносно забрудненій та в забрудненій зонах, виявлено менший вміст фосфоліпідів.

4. У натуральних поліфлорних медах мікропопуляцій бджіл передгірної та, особливо, лісостепової зон, де інтенсивніше техногенне навантаження на довкілля, міститься підвищена кількість важких металів і концентрується більше гідроксиметилфурфуролу.

5. У передгірській та лісостеповій природних зонах Заходу України із вищим ступенем забруднення довкілля бджоли продукують мед із меншою кількістю відновлювальних цукрів і проліну, ніж гірські мікропопуляції. При цьому від гірської зони до лісостепової знижується діастазне число меду.

Список використаних джерел до розділу 7

262. Лазарева Л. М. Радіологічний контроль меду бджолиного з різних регіонів України. *Продовольча індустрія АПК*. 2016. № 5 (41). С. 39–42.
263. Ковальській Ю. В., Кирилів Я. І. Технологія одержання продуктів бджільництва. Львів, 2007. 142 с.
264. Klym O., Stadnytska O. Concentrations of heavy metals in polyphlore honey in different terrestrial ecosystems of the Carpathians. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 2019. Vol. 18(3). S. 14 - 15.
265. Weston R. J. The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey : a review. *Food Chemistry*. 2000. Vol. 71, Issue 2. P. 235–239.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота розкриває закономірності просторової екологічної транслокації важких металів в органічних компонентах мікропопуляційних бджолиних екосистем, особливості коливання в них кількісного і якісного складу жирних кислот і фосфоліпідів, просторову динаміку зміни основних показників екобезпеки та якості натуральних поліфлорних медів, отриманих в умовах гірської, передгірної та лісостепової зон Заходу України. На підставі проведених досліджень сформульовано такі висновки.

1. Стан екобезпеки Заходу України характеризується за шестиступеневою шкалою загальної забрудненості навколишнього середовища. Перша модельна гірська бджолина мікропопуляційна екосистема розташована у Карпатській фізико-географічній країні в умовно чистій місцевості (1 ступінь), друга передгірна – у Передкарпатській височинній області в помірно забрудненій місцевості (2 ступінь), третя лісостепова – у зоні Лісостепу в забрудненій місцевості (3 ступінь), яка межує з дуже забрудненою (4 ступінь).

2. У пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською, як наслідок урбанізації та індустріалізації території, істотно ($p < 0,05-0,001$) зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію. Водночас, у бджолиному обніжжі вірогідно зростає вміст аніонних насичених жирних кислот із парною й непарною кількістю атомів Карбону, мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ і поліненасичених родин $\omega-3$ і $\omega-6$ та зменшується кількість неестерифікованих жирних кислот ($p < 0,05-0,01$).

3. У пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої у передгірній та особливо лісостеповій зонах Заходу України, порівняно з гірською, за рахунок насичених жирних кислот із парною та непарною кількістю атомів Карбону, мононенасичених родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$ зменшується вміст естерифікованих жирних кислот ($p < 0,05-0,01$). Це знижує загальну енергетичну, атрактивну, функціонально-метаболічну, а отже загальну

біологічну цінність пилку з кульбаби лікарської та яблуні домашньої для організму медоносних бджіл.

4. У тканинах черевця, грудей і голови медоносних бджіл із передгірної та особливо лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською, в зв'язку зі зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля збільшується концентрація Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію ($p < 0,05-0,001$). Водночас у цих тканинах з боку насичених жирних кислот із парною й непарною кількістю атомів Карбону, мононенасичених жирних кислот родин $\omega-7$ і $\omega-9$ і поліненасичених родин $\omega-3$ і $\omega-6$ зростає вміст аніонних жирних кислот ($p < 0,05-0,01$).

5. У тканинах черевця, грудей і голови медоносних бджіл передгірної та особливо лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською, за рахунок насичених жирних кислот із парною та непарною кількістю атомів Карбону, мононенасичених родин $\omega-7$ і $\omega-9$ та поліненасичених родин $\omega-3$ і $\omega-6$ зменшується концентрація неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот ($p < 0,05$). Водночас у тканинах бджіл зменшується активність трансформації лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та ненасичені похідні ($p < 0,05-0,01$). Це негативно впливає на забезпечення організму бджіл енергетичними і біологічно-активними метаболітами.

6. У тканинах черевця, грудей і голови медоносних бджіл передгірної та, особливо, лісостепової мікропопуляції, порівняно з гірською, зменшується кількість фосфоліпідів. Водночас в їх складі зростає відносний вміст насичених жирних кислот з парною й непарною кількістю атомів Карбону і мононенасичених родин $\omega-7$ і $\omega-9$ і зменшується вміст поліненасичених жирних кислот родин $\omega-3$ і $\omega-6$ ($p < 0,05-0,01$). Це може означати погіршення забезпечення організму бджіл структурними пластичними речовинами.

7. У свіжопобудованих бджолиних стільниках, отриманих із вуликів передгірної та особливо лісостепової зони Заходу України, порівняно з гірською, зростає вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію ($p < 0,05-0,001$). Водночас у цих же бджолиних стільниках за рахунок насичених

жирних кислот із парною і непарною кількістю атомів Карбону, мононенасичених родин ω -7 й ω -9 і поліненасичених родин ω -3 і ω -6 збільшується концентрація аніонних жирних кислот і зменшується кількість неестерифікованих та естерифікованих жирних кислот ($p < 0,05$ – $0,001$). Такі зміни істотно знижують антибактеріальні й антигрибкові властивості стільників, водночас підвищують крихкість їхніх стінок.

8. Незважаючи на те, що вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в натуральних поліфлорних медах, отриманих від мікропопуляцій, розміщених у різних природних зонах Заходу України, не перевищує допустимі норми чинного вітчизняного стандарту, нами встановлено збільшення рівнів їхньої акумуляції в меді у напрямку від гірської, передгірної до лісостепової зони. Зокрема, найбільше зростає у меді кількість Купруму і Плюмбуму – у 4,0 рази, Хрому – у 3,8 рази.

9. У натуральних поліфлорних медах, отриманих від передгірної та особливо лісостепової мікропопуляції бджіл, порівняно з гірською, зменшується діастазне число від 35,4 до 18,9 од. Готе, вміст відновлювальних цукрів – від 240,8 до 124,4% і проліну – 452,3 до 342,2 мг/кг. У меді мікропопуляцій бджіл лісостепу до 8,1 мг/кг збільшується концентрація гідроксиметилфурфуролу ($p < 0,01$ – $0,001$), порівняно з гірською мікропопуляцією (2,1 мг/кг). Отже, якщо не запобігати забрудненню лісостепових і передгірських ландшафтів на Заході України, то тут слід очікувати отримання меду нижчої екобезпеки та меншої загальнобіологічної цінності з гіршими якісними показниками, ніж від мікропопуляцій бджіл гірськокарпатської природної зони.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для збору найчистіших щодо вмісту важких металів і найякісніших медів на Заході України пасіки слід розташовувати у гірській місцевості, де мінімальний рівень техногенного забруднення та найменший рівень акумуляції хімічних елементів у бджолиній продукції.

2. Для отримання екобезпечного меду в умовах Передкарпаття, а особливо Лісостепу Заходу України, пасіки слід розміщувати якнайдалі від стаціонарних (промислово-енергетичних підприємств) та пересувних (транспортні магістралі) джерел техногенного забруднення довкілля ксенобіотиками, зокрема важкими металами.

3. У зв'язку зі здатністю бджіл збирати й концентрувати у вуликах біоматеріал, що містить важкі метали, слід забезпечувати моніторинг екобезпеки бджільництва у зонах екологічного ризику.

ДОДАТКИ

Додаток А

Рисунки й таблиці до розділу 2

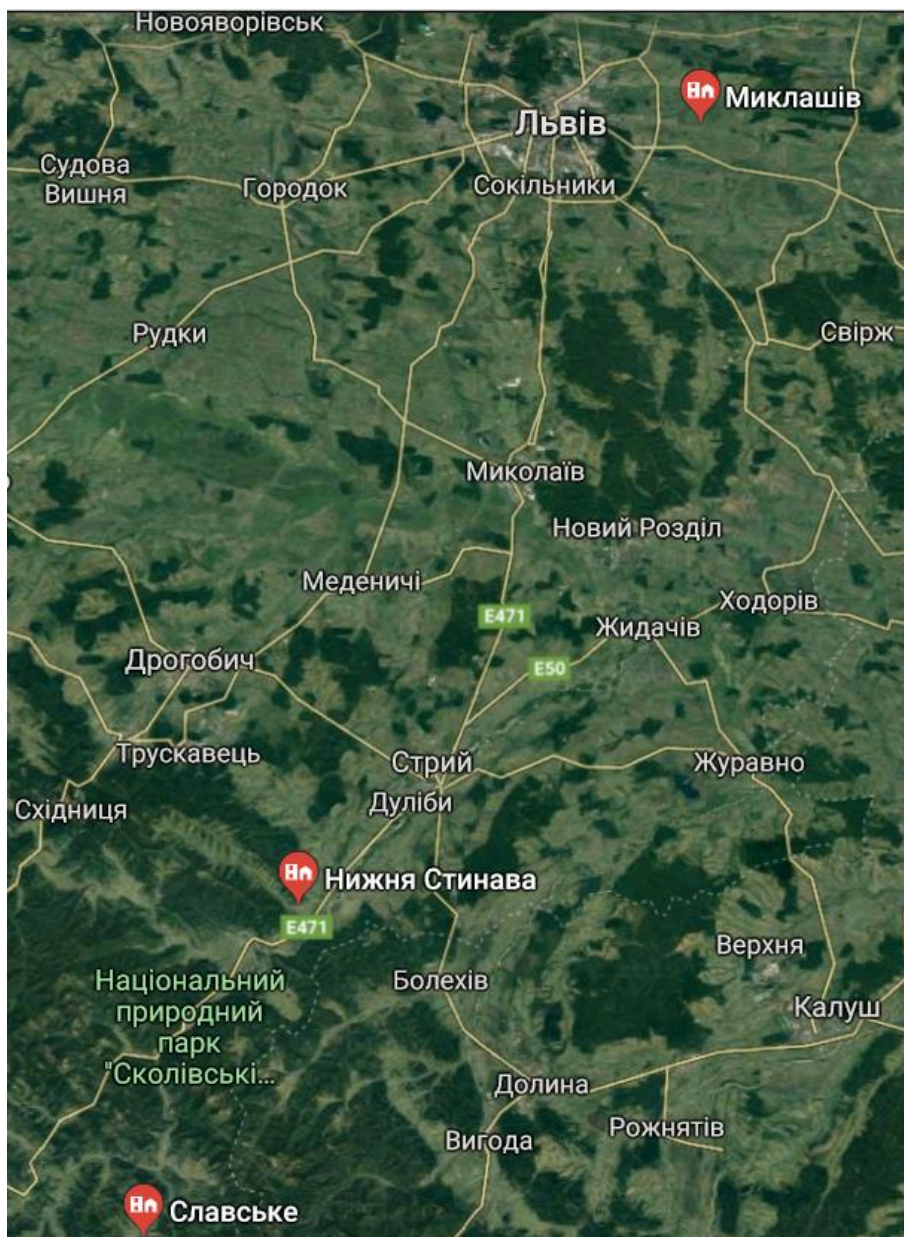


Рис. А.1. Сателітарна фотосхема локалізації модельних мікропопуляційних екосистем бджолиних пасік (сmt. Славське – гірська мікропопуляція; с. Нижня Стинава – передгірна мікропопуляція; с. Миклашів – лісостепова мікропопуляція).

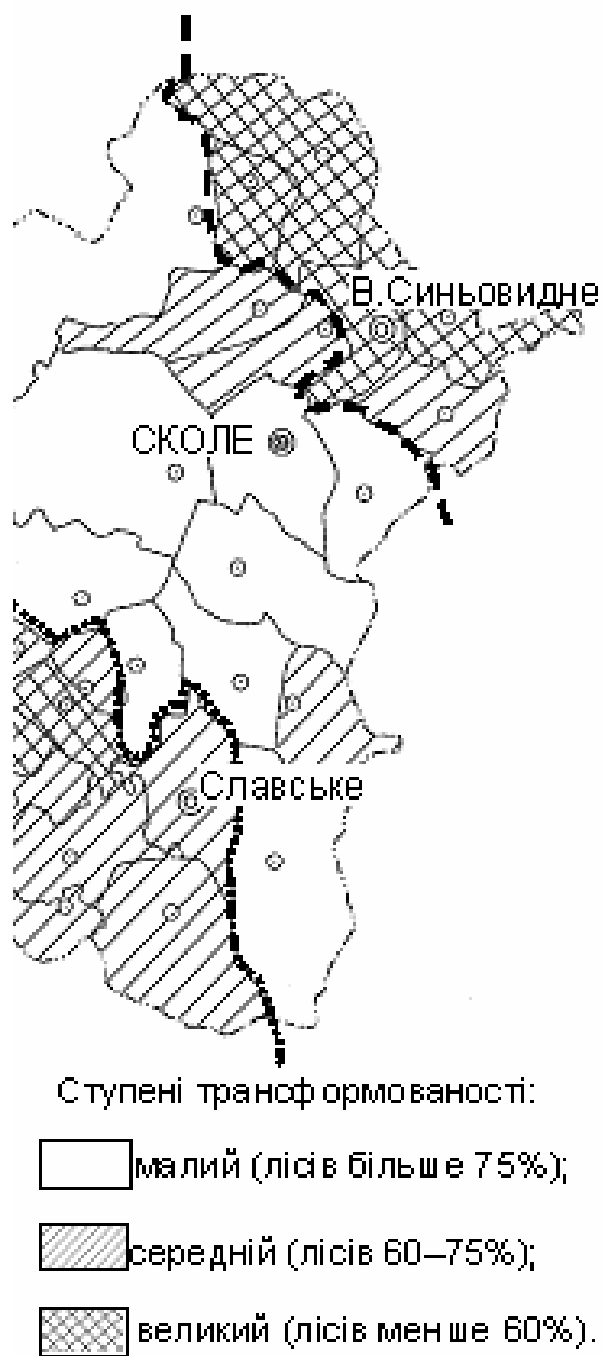


Рис. А.2. Ступінь трансформованості рослинного покриву сільрад за відсотком лісових площ на території Сколівського району [224].

Таблиця А.1

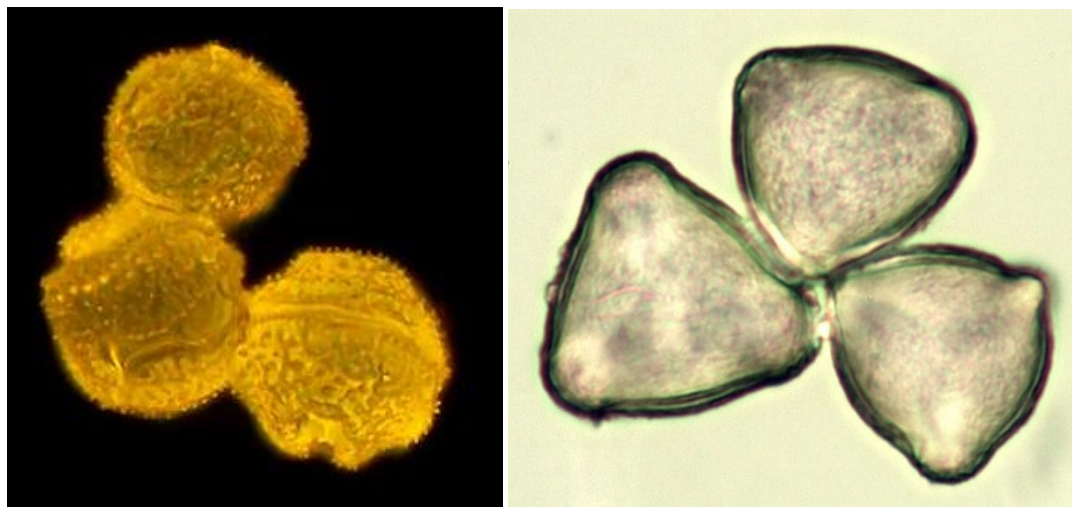
Використання угідь на землях лісового фонду Сколівського району
(2012 р.) [212, 218, 219]

Загальна площа району, га	Ліси та інші лісовкриті площі, га						
	Всього	у тому числі лісові землі					чагар- ники
		всього	вкриті деревною рослинністю		Не вкриті лісовою рослин- ністю	інші лісові землі	
			Всього	захисні насад- ження			
147091,9	104789,7	102650,9	93576,4	196,8	5864,8	3209,8	2138,7
100%	71,24	69,79	63,62	0,13	3,99	2,18	1,45

Таблиця А.2

Використання угідь на сільськогосподарських землях Сколівського району
(2012 р.) [212,218, 219]

Загальна площа району, га	Сільськогосподарські землі, га						
	сільсько- господарські угіддя	у тому числі				під шляхами і прогонами	під будівлями і дворами
		рілля	Сіножаті	Пасовища	сади		
147091,9	36548,5	10115,2	15033,8	10972,8	426,7	727,2	112,5
100%	24,85	6,88	10,22	7,46	0,29	0,49	0,08



а)

б)

Рис. А.3. Вигляд пилку з кульбаби лікарської – *Taraxacum officinale* Wigg. (а) та яблуні домашньої – *Malus domestica* (Borkh.) Borkh.) (б).

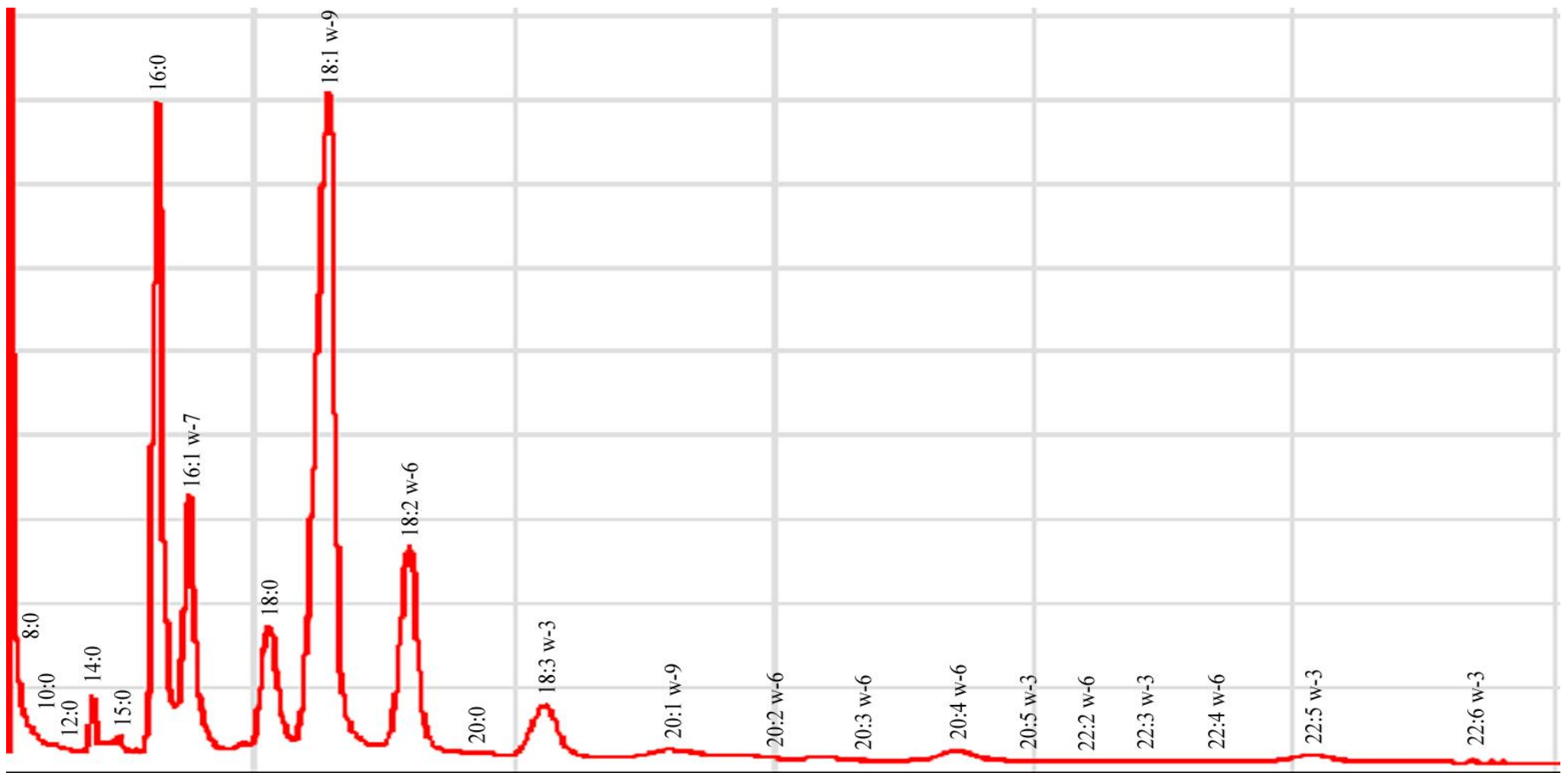


Рис. А.4. Графічна модель результатів хроматографічного аналізу вмісту неестерифікованій жирних кислот у тканинах черевця медоносних бджіл.

Додаток Б

Таблиці до розділу 5

Таблиця Б.1

Вміст важких металів у бджолиних стільниках,
 мг/кг натуральної маси ($M \pm m$, $n=3$)

Важкий метал та його символ	Модельні мікропопуляційні екосистеми бджіл		
	Гірська	Передгірна	Лісостепова
Ферум, Fe	<i>22,55±0,545</i>	<i>40,63±1,554***</i>	<i>85,44±1,975***</i>
Цинк, Zn	<i>2,48±0,106</i>	<i>4,99±0,177***</i>	<i>7,96±0,236***</i>
Купрум, Cu	0,07±0,005	0,10±0,005*	0,14±0,008**
Хром, Cr	0,89±0,031	1,10±0,041*	1,33±0,037***
Нікол, Ni	0,39±0,017	0,53±0,026**	0,66±0,026**
Плюмбум, Pb	<i>0,42±0,017</i>	<i>0,61±0,020**</i>	<i>0,96±0,040***</i>
Кадмій, Cd	<i>0,02±0,003</i>	<i>0,04±0,003*</i>	<i>0,06±0,003**</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

В. М. Ковальський

" 15 " червня 2018 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Клима Олега Ярославовича
**"ІНТЕНСИВНІСТЬ НАГРОМАДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
 І ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ ТА ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛ
 В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ"**

15 червня 2018 року

с. Стрілків

Цим актом підтверджуємо впровадження рекомендацій із дисертаційної роботи Клима Олега Ярославовича "ІНТЕНСИВНІСТЬ НАГРОМАДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ ТА ПРОДУКЦІЇ БДЖІЛ В УМОВАХ ЗАХОДУ УКРАЇНИ" в ФГ Зоря, Стрийський р-н., с. Стрілків за такими позиціями:

1. З метою збору найякісніших медів у фермерському господарстві «Зоря» пасіки розміщували на максимальній (8-10 км) віддалі від стаціонарних (промислово-енергетичні підприємства) та пересувних (транспортні магістралі) джерел техногенного забруднення довкілля ксенобіотиками, зокрема важкими металами.

2. У зв'язку зі здатністю бджіл збирати й концентрувати у вуликах біоматеріал, що містить важкі метали, проводиться систематичний моніторинг екобезпеки бджільництва.

Від розробника
 рекомендацій:
 науковий співробітник
 лабораторії екології ІСГКР
 _____ О. Я. Клим

Від виробництва

_____ Ю.В. Ковальський
 директор

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
Львівського національного університету ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С. З. Гжицького

О. М. Федець



2018 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Клима Олега Ярославовича на тему **«Інтенсивність нагромадження важких металів і жирних кислот у тканинах та продукції бджіл в умовах Заходу України»** у навчальний процес біолого-технологічного факультету

Члени комісії у складі декана біолого-технологічного факультету кандидата сільськогосподарських наук, доцента Бойка А. О., завідуючого кафедри екології доктора сільськогосподарських наук, професора Параняка Р. П., завідувач кафедри біологічної та загальної хімії, доктора біологічних наук, доцента Грабовського С.С. розглянувши дисертаційну роботу Клима Олега Ярославовича на тему «Інтенсивність нагромадження важких металів та жирних кислот у тканинах та продукції бджіл в умовах Заходу України», склали цей акт про те, що в Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького у навчальний процес кафедри біохімії та основами фізколоїдної хімії та кафедри екології при підготовці фахівців за спеціальністю 204 «Технології виробництва і переробки продукції тваринництва», впроваджені результати Клима О. Я. з питань вивчення нагромадження важких металів і жирних кислот у тканинах бджіл.

Декан біолого-технологічного факультету.
кандидата сільськогосподарських наук,
доцент

Бойко А. О.

Завідувач кафедри екології,
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Параняк Р. П.

Завідувач кафедри
біологічної та загальної хімії,
доктор біологічних наук, доцент

Грабовський С. С.