

УДК 638.1:577.1:546.3

О. Я. КЛИМ, аспірант

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну
Львівської обл., 81115, e-mail: klim-oleg@ukr.net

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ФОСФОЛІПІДІВ ТКАНИН МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ У РІЗНИХ ПРИРОДНИХ ЗОНАХ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ*

Наведено результати досліджень інтенсивності нагромадження окремих важких металів і фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону. Встановлено, що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму та Кадмію. Одночасно в наведених вище тканинах є менший вміст фосфоліпідів. Високий рівень важких металів і низький – фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук Й. Ф. Рівіс.

© Клим О. Я., 2017

особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є наслідком урбанізації та індустріалізації.

Ключові слова: медоносні бджоли, тканини, фосфоліпіди, важкі метали, жирні кислоти.

Вступ. Джерела емісії важких металів і шляхи їх надходження в навколишнє середовище відрізняються різноманітністю, але в основному вони мають техногенне походження як наслідок урбанізації та індустріалізації [1, 11, 19]. Розвиток промисловості, сільського господарства, енергетики та транспорту, інтенсивне видобування корисних копалин – все це спричинило надходження в повітря, воду, ґрунт, рослини високотоксичних мінеральних елементів [1, 7, 17].

Міграція важких металів в об'єктах зовнішнього середовища призвела до нагромадження їх у ґрунтах, рослинах, тканинах медоносних бджіл і продуктах бджільництва [2, 3, 15, 21]. Внаслідок цього змінився характер (зокрема час цвітіння) і розподіл (одні види медоносних рослин були витіснені іншими) рослинності, що погіршило умови медозбору [12, 15, 23].

Важкі метали причетні до обмінних процесів у комах [22, 24, 29]. Зокрема вони впливають на інтенсивність обміну білків, ліпідів і вуглеводів в організмі бджіл [5, 13, 18]. Як наслідок, змінюється забезпеченість згадуваних комах енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом. Все це позначається на життєдіяльності медоносних бджіл і продуктивності бджолиних сімей [6, 14, 25]. З огляду на наведене вище науково-практичний інтерес становить дослідження вмісту важких металів і жирнокислотного складу фосфоліпідів у тканинах медоносних бджіл залежно від природних умов довкілля.

Мета роботи полягала у дослідженні інтенсивності нагромадження окремих важких металів і жирних кислот загальних ліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону.

Матеріали і методи. Медоносних бджіл відбирали з трьох вуликів на трьох пасіках, розміщених у гірській, передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, зокрема у приватних пасічних господарствах гірської (с. Славське Сколівського району), передгірної (с. Стинава Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів Пустомитівського району) зон.

У відібраних зразках тканин черевця, грудей та голови медоносних бджіл визначали вміст важких металів [12] і жирних

кислот загальних ліпідів [21]. Вміст важких металів у досліджуваному біологічному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Селмі-115» [12, 20, 26]. Для цього зразки тканин черевця, грудей та голови медоносних бджіл в атомно-абсорбційний аналізатор вносили у вигляді розчинів, які були отримані шляхом сухого озолення та розчинення золи в концентрованій 10-процентній соляній кислоті. Для цього в прожарений тигель вносили наважку досліджуваного біологічного матеріалу та висушували у сушильній шафі за температури 100–105 °С. Потім досліджувані зразки спалювали в муфельній печі за температури 450–500 °С до повного озолення. Після завершення озолення тигель охолоджували, а отриману золу розчиняли в 10 мл 10-процентного водного розчину HCl. 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 щодо концентрації досліджуваних важких металів.

Вміст фосфоліпідів та їх жирнокислотний склад у досліджуваному біологічному матеріалі визначали хроматографічними методами [21]. Для цього проводили екстракцію ліпідів сумішшю хлороформ-метанол (2:1 за об'ємом). Одну частину звільнених від хлороформу ліпідів піддавали хроматографії в тонкому шарі силікагелю. Таким чином визначали вміст фосфоліпідів. Другу частину звільнених від хлороформу ліпідів піддавали хроматографії в тонкому шарі силікагелю, а виділені фосфоліпіди – переестерифікації. Внаслідок цього отримували метилові естери жирних кислот фосфоліпідів, які вводили в випаровувач газорідного хроматографічного апарата "Chrom-5".

Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Зокрема вираховували середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних ($\pm m$). Різниці між середніми величинами вважали вірогідними за $p < 0,05$. Для розрахунків було використано комп'ютерну програму Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

Результати та обговорення. Встановлено, що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця, грудей та голови бджіл, отриманими із вуликів, розміщених у гірській зоні, є вірогідно більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму та Кадмію

(табл. 1). Із наведених у таблиці даних видно також, що в тканинах черевця, грудей та голови, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону, міститься найбільша кількість згадуваних вище важких металів. Отримані дані характеризують рівень техногенного забруднення територій у досліджуваних природних зонах Карпатського регіону.

1. Вміст важких металів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл ($M \pm m$, $n=3$), мг/кг сирової маси

Важкі метали та їх символи	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Тканини черевця			
Ферум, Fe	48,63±1,498	61,68±1,606**	74,46±1,426***
Цинк, Zn	79,47±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**
Нікель, 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**
Нікель, 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**
Нікель, 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***

Примітка: тут і далі * $p < 0,05-0,02$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Встановлено, що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та

лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця, грудей та голови бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється вміст фосфоліпідів. Зокрема у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця, грудей та голови бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується вміст фосфоліпідів (табл. 2). Це впливає на їх функціональну цінність для організму медоносних бджіл [4, 8, 9, 27, 31]. Найменший вміст фосфоліпідів виявлено у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

2. Вміст фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл ($M \pm m$, $n=3$), г/кг сирової маси

Досліджуваний матеріал	Природні зони Карпатського регіону		
	гірська	передгірна	лісостепова
Тканини черевця	9,88±0,480	8,39±0,203*	6,69±0,323**
Тканини грудей	6,54±0,190	5,97±0,076*	5,50±0,141*
Тканини голови	6,43±0,123	5,66±0,261*	5,52±0,122**

Виявлено, що в тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця, грудей та голови бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, змінюється жирнокислотний склад фосфоліпідів. Це впливає на їх функціонально-метаболічну цінність для організму медоносних бджіл [10, 16, 28, 30]. Зокрема виявлено, що в жирнокислотному складі фосфоліпідів тканин черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця, грудей та голови бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, зменшується відносний вміст поліненасичених жирних кислот, але зростає – насичених і мононенасичених (табл. 3, 4 і 5). Це вказує на зниження функціонально-метаболічної та біологічної цінності жирних кислот фосфоліпідів для організму медоносних бджіл. Найменший вміст поліненасичених жирних кислот фосфоліпідів виявлено у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у лісостеповій зоні Карпатського регіону.

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

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Карпатського регіону		
	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*
Пальмітоолейнова, 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*
Олейнова, 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
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

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

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Карпатського регіону		
	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*
Пальмітоолейнова, 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*
Олейнова, 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
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

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

Жирні кислоти та їх код	Природні зони Карпатського регіону		
	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**
Пальмітоолейнова, 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*
Олейнова, 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
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

Менша відносна кількість поліненасичених жирних кислот у фосфоліпідах тканин медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами медоносних бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами родин ω -3 (у тканинах черевця відповідно 27,22 і 26,42 проти 29,67 %; грудей –

30,07 і 29,15 проти 32,92 %; голови – 34,28 і 33,55 проти 37,20 %) і ω -6 (у тканинах черевця відповідно 26,06 і 24,98 проти 28,86 %; грудей – 28,26 і 26,45 проти 31,23 %; голови – 28,93 і 28,25 проти 31,06 %). При цьому в тканинах черевця та грудей медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами черевця та грудей медоносних бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, зростає відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω -3 до поліненасичених жирних кислот родини ω -6 (табл. 3 і 4). Наведене вище може вказувати на те, що в тканинах черевця та грудей медоносних бджіл, відібраних із вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами медоносних бджіл, відібраними 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 медоносних бджіл, отриманих з вуликів, розміщених у передгірній та лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з тканинами медоносних бджіл, відібраними із вуликів, розміщених у гірській зоні, зумовлена жирними кислотами з парною (у тканинах черевця відповідно 20,19 і 21,14 проти 18,78 %; грудей – 19,81 і 19,42 проти 16,94 %; голови – 18,62 і 20,49 проти 16,90 %) і непарною (у тканинах черевця відповідно 0,50 і 0,52 проти 0,44 %; грудей – 0,38 і 0,40 проти 0,35 %; голови – 0,42 і 0,44 проти 0,37 %) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, а мононенасичених – жирними кислотами родин ω -7 (у тканинах черевця відповідно 0,93 і 0,93 проти 0,90 %; грудей – 1,01 і 1,08 проти 0,89 %; голови – 0,95 і 0,99 проти 0,90 %) і ω -9 (у тканинах черевця відповідно 25,10 і 26,01 проти 21,32 %; грудей – 22,05 і 23,50 проти 17,68 %; голови – 16,78 і 16,27 проти 13,56 %).

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

Таким чином, можна стверджувати, що високий рівень важких металів і низький – фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є наслідком урбанізації та індустріалізації.

Висновки

1. У тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є більший вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Нікелю, Плюмбуму та Кадмію.

2. Тканини черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською мають менший вміст фосфоліпідів. Одночасно у фосфоліпідах наведених вище тканин зменшується відносний вміст поліненасичених жирних кислот родин ω -3 і ω -6, але зростає – насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу та мононенасичених жирних кислот родин ω -7 і ω -9.

3. Із зростанням інтенсивності техногенного навантаження на довкілля зменшується функціонально-метаболична та біологічна цінність фосфоліпідів для тканин черевця, грудей та голови медоносних бджіл.

4. Високий рівень важких металів і низький – фосфоліпідів у тканинах черевця, грудей та голови медоносних бджіл, отриманих із вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, порівняно з гірською є наслідком урбанізації та індустріалізації.

Список використаної літератури

1. Аккумуляция тяжелых металлов в теле пчел / Е. К. Еськов [и др.] // Пчеловодство. – 2008. – № 2. – С. 14–17.

2. Бокова М. И. Биологические особенности растений и почвенные условия, определяющие переход тяжелых металлов в растения на техногенно загрязненной территории / М. И. Бокова, А. Н. Ратникова // Химизация в сельском хозяйстве. – 1995. – № 5. – С. 15–17.

3. Бондарева Н. В. Использование медоносных пчел как биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / Н. В. Бондарева // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 10. – С. 5–6.

4. Даценко З. М. Роль фосфоліпідів у мембранах функціонально різних клітин за порушення антиоксидантової системи / З. М. Даценко, Г. В. Донченко, О. В. Шахман // Український біохімічний журнал. – 1996. – Т. 68, № 1. – С. 49–54.

5. Журавлева М. В. Коррекция нарушенных липидного обмена / М. В. Журавлева // *Consilium medicum*. – 2010. – № 5. – С. 113–118.

6. Илларионов А. И. Ксенобиотики в пчелах и продуктах пчеловодства / А. И. Илларионов, А. А. Деркач // *Агрохимия*. – 2008. – № 3. – С. 85–96.

7. 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” / Л. М. Ковальська. – Львів, 2009. – 16 с.

8. Ковальський Ю. В. Обмін ліпідів в організмі бджіл / Ю. В. Ковальський, Я. І. Кирилів // *Український пасічник*. – 2002. – № 11. – С. 2–4.

9. Когтева Г. С. Ненасыщенные жирные кислоты как эндогенные биорегуляторы / Г. С. Когтева, В. В. Безуглов // *Биохимия*. – 1998. – Т. 63, вып. 1. – С. 6–15.

10. Кондрюк А. Ф. Біоіндикатори забруднення довкілля / А. Ф. Кондрюк // *Збірник наукових праць ПДАТУ*. – 2010. – Вип. 18. – С. 88–89. – (Серія «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»).

11. Куцан О. Хімічний токсикоз бджіл. Особливості діагностики та профілактики / О. Куцан, Ю. Новожицька // *Ветеринарна медицина*. – 2008. – № 6. – С. 4–7.

12. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / [В. В. Влізло та ін.] ; за ред. В. В. Влізла. – Львів : Сполом, 2012. – 759 с.

13. Лебедев В. И. Биология медоносной пчелы / В. И. Лебедев, Н. Г. Билаш. – М. : Агропромиздат, 1991. – 239 с.

14. Ленинджер А. Биохимия. Молекулярные основы структуры и функций клетки / А. Ленинджер. – М. : Мир, 1974. – 957 с.

15. Лишко В. К. Мембраны и жизнь клетки / В. К. Лишко, М. И. Шевченко. – К. : Наук. думка, 1987. – 101 с.

16. Мазурак О. Т. Важкі метали у системі “грунт-рослина” / О. Т. Мазурак, О. А. Мицук, С. В. Мідяний // *Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького*. – 2007. – Т. 9, № 2 (33), ч. 3. – С. 210–216.

17. Мизюрев В. А. Новое в оценке состояния жирового тела пчел / В. А. Мизюрев // *Пчеловодство*. – 2004. – № 2. – С. 18–19.

18. Немкова С. Н. Состояние жирового тела и продолжительность жизни медоносных пчел (*Apis mellifera*), инвазированных *Vagroa Jacobsoni* / С. Н. Немкова, Е. В. Руденко // *Вестник зоологии*. – 2003. – Т. 37, № 2. – С. 81–84.

19. Новый курс пчеловодства. Основы теоретических и практических знаний / пер. с нем. Херольд Эдмунд, Вайс Карл. – [10-е перераб. изд.]. – М. : АСТ : Астрель, 2007. – 368 с.
20. Параняк Р. П. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми / Р. П. Параняк, Л. П. Васильцева, Х. І. Макух // Біологія тварин. – 2007. – Т. 9, № 1/2. – С. 83–89.
21. Рівіс Й. Ф. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі / Й. Ф. Рівіс, Р. С. Федорук. – Львів : Сполом, 2010. – 109 с.
22. Саранчук І. І. Вміст деяких важких металів в окремих частинах тіла медоносних бджіл із різних екологічних зон / І. І. Саранчук, Й. Ф. Рівіс // НТБ Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок. – 2008. – Вип. 9, № 1/2. – С. 211–216.
23. Симонов А. Н. Биология и патология пчел / А. Н. Симонов, Е. И. Постников. – М. : Колос ; Ставрополь : Агрбус, 2007. – 104 с.
24. 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.
25. Чертко Н. К. Геохимия и экология химических элементов / Н. К. Чертко, Э. Н. Чертко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2008. – 135 с.
26. Юмагужин Ф. Г. Активность каталазы ректальных желез у медоносных пчел / Ф. Г. Юмагужин, А. Б. Сафаргалин // Аграрная наука. – 2009. – № 10. – С. 24–25.
27. Ackman R. G. Gas liquid chromatography of fatty acids and esters / R. G. Ackman // Methods in enzymology. – 1969. – Vol. 14, № 1. – P. 329–381.
28. Casey W. M. Effects of unsaturated fatty acid supplementation on phospholipid and triacylglycerol biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* / W. M. Casey, C. E. Rolph, M. E. Tomeo // Biochem. and biophys. res. comm. – 1993. – № 3. – P. 1297–1303.
29. Dimou M. Pollen analysis of honeybee rectum as a method to record the bee pollen flora of an area / M. Dimou, A. Thrasylvoulou // Apidologie. – 2009. – Vol. 40, № 2. – P. 124–133.
30. Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination in Urban Areas and Wildlife Reserves: Honeybees as Bioindicators [Електронний ресурс] / M. Perugini [et al.] // Biol. Trace Elem. Res. – 2010. – Режим доступу : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20393811>.

31. Kates M. Plant phospholipids and glycolipids / M. Kates
// Adv. Lipid. Res. – 1970. – Vol. 8. – P. 225–265.

Отримано 11.09.2017