

В.В. ЯГИН, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и ОБЖ человека, НГПУ им. К.Минина (Мининский университет), Нижний Новгород, e-mail: fbzh2014@yandex.ru

Д.А. ХОМУТОВ, аспирант кафедры физиологии и ОБЖ человека, НГПУ им. К.Минина (Мининский университет), Нижний Новгород, e-mail: fbzh2014@yandex.ru

В.А. ПЕТРОВ, соискатель кафедры физиологии и биохимии человека и животных, ННГУ им. Н.И.Лобачевского, e-mail: kfg@bio.unn.ru

А.Е. ХОМУТОВ, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и биохимии человека и животных, ННГУ им. Н.И.Лобачевского, e-mail: kfg@bio.unn.ru

АПИМОНИТОРИНГ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАЙОНОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЁННОСТЬЮ

V.V. Yagin, D.A. Homutov, V.A. Petrov, A.E. Homutov
**APIMONITORING OF HEAVY METALS OF THE REGIONS OF THE
NIZHNY NOVGORD REGION DIFFERING IN ECOLOGICAL
INTENSITY**

Проведена сравнительная оценка содержания тяжелых металлов в образцах мёда, воска, прополиса, пчелиного яда и тел пчёл, полученных в разных районах Нижегородской области, отличающихся экологической напряжённостью. Проведена сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в продуктах пчеловодства, полученных на пасеках, расположенных вблизи федеральной автомагистрали и в лесной зоне. Показано, что содержание свинца, кадмия, стронция, цинка и меди в исследуемых образцах продуктов пчеловодства выше в образцах, полученных на пасеках, расположенных вблизи автомагистрали. Максимальная разница между зонами зарегистрированы для цинка, которого в 5-9 раз больше в образцах, полученных вблизи автомагистрали.

Ключевые слова: апимониторинг, мед, прополис, воск, пчелиный яд, продукты пчеловодства, тела пчел, тяжёлые металлы, сельскохозяйственные районы, лесные районы, промышленные районы.

The comparative assessment of the content of heavy metals in samples of honey, wax, propolis, bee sting and bodies of the bees received in the different regions of the Nizhny Novgorod Region differing in ecological intensity is carried out. The comparative characteristics of heavy metals in bee products obtained in apiaries located near the federal highway and in the forest area. It is shown that the levels of lead, cadmium, strontium, zinc and copper in the samples of bee products is higher in samples obtained at apiaries located near the motorway. The maximum difference between the zones account for zinc, which is 5-9 times higher in samples near the motorway teachings.

Keywords: apimonitoring, honey, propolis, beeswax, bee venom, bee products, bee body, heavy metals, agricultural areas, forest areas, industrial areas.

Пчелиная семья тесно связана с окружающей средой. Рабочие пчёлы собирают пыльцу и нектар на площади до 25 км². Состояние пчел и чистота продуктов пчеловодства напрямую зависят от экологического состояния территории, на которой находится пасека. Целый ряд загрязняющих веществ вызывает патологические изменения у пчёл [1], кроме того, эти вещества попадают в продукты их жизнедеятельности.

Пчелы как тест-объекты мониторинга имеют целый ряд преимуществ по сравнению с

другими организмами наземных биоценозов [2, 3, 5]. К основным достоинствам пчел относятся следующие: 1) повсеместное распространение. Пчелы обитают почти во всех широтах, выдерживая колебания факторов среды (температура, влажность и т.д.) в очень широком диапазоне. Пчелиные пасеки представляют собой готовую мониторинговую сеть. Кроме этого, возможно размещение дополнительных ульев в местах, где необходима оценка экологической ситуации; 2) пчелы работают равномерно в радиусе 2 - 3 км от пасеки; 3) кроме тканей пчел, информацию о загрязнении могут дать мед, перга, пыльца, прополис, воск, которые являются усредненной пробой, характеризующей уровень загрязнения припасечной зоны; 4) при мониторинге экосистем, занимающих площадь в несколько кв. км, отбор проб любых объектов для получения объективной и качественной информации приведет к значительным материальным затратам. Отбор проб пчел и продуктов пчеловодства не представляет трудностей и не наносит ущерба популяциям медоносной пчелы; 6) пчелы и продукты пчеловодства могут быть использованы и как аккумулятивные индикаторы (при определении в них накопления химикатов) и как реакционные (при определении влияния загрязняющих веществ на расплод, взрослых пчел, производство меда).

Несмотря на то что в Российской Федерации исследованию окружающей среды посвящено большое количество работ [7, 10, 17], в Нижегородской области такие исследования практически не проводились, в связи с чем целью настоящей работы явился апимониторинг тяжёлых металлов в разных районах Нижегородской области, отличающихся не только по показателям биогеоценоза, но и по антропогенной нагрузке на окружающую среду.

В работе были использованы образцы мёда, воска, прополиса, пчелиного яда и тканей пчёл, полученных на пасеках Воротынского, Варнавинского, Борского, Большеболдинского, Дальнеконстантиновского и Спасского районов. В продуктах пчеловодства и телах пчёл оценивалось содержание свинца, кадмия, стронция, цинка и меди.

Содержание тяжелых металлов, отличающихся потенциалами восстановления, определяли в пчелином меде, воске, телах пчёл и яде методом переменного-токовой инверсионной полярографии по методике, получившей в 1997 году метрологическую аттестацию Госстандарта РФ для анализа пищевых продуктов. Для этого использовали полярограф ПУ-1 с электрохимическим датчиком АКВ-0,7 и с компьютерной системой обработки информации ИВА-600.

Полученные результаты по содержанию экотоксикантов в продуктах пчеловодства сравнивали с ПДК, разработанным в НИИ Пчеловодства РАСХН (таблица 1).

Таблица 1 – Пределы содержания и предлагаемые ПДК (мг/кг) тяжелых металлов для меда и воска (по Т.М. Русаковой, 2001)

Металл	Предел содержания	М±m	ПДК, не более
Мед натуральный			
Свинец	0-1,0	0,121±0,235	0,50
Кадмий	0-1,0	0,045±0,153	0,05
Цинк	1,61-6,91	3,43±1,48	3,00
Медь	0-23,75	8,25±6,53	10,00
Воск пчелиный			
Свинец	0-2,0	0,21±0,26	0,50
Кадмий	0-0,56	0,06±0,008	0,08
Цинк	0,06-11,6	1,92±1,8	7,30
Медь	0,34-8,90	1,85±1,89	7,50

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программы «Биостат». Для сравнения нескольких групп использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Стьюдента для множественных сравнений [4].

Нижегородская область является регионом, в котором можно выделить лесные, сельскохозяйственные и промышленные районы. К сельскохозяйственным районам можно отнести районы, расположенные на юге области (Дальнеконстантиновский, Большеболдинский, Починковский, Спасский), к лесным – районы, расположенные в северной части области (Варнавинский, Воротынский). В качестве промышленного района нами был выбран г. Бор и прилежащие к нему территории.

На первом этапе исследований определяли количество цинка и меди в образцах мёда, полученного в разных районах Нижегородской области. Согласно современным стандартам ПДК для цинка в мёде составляет 3.0 мг/кг (таблица 1). Количество цинка в образцах мёда, полученных в Варнавинском, Дальнеконстантиновском, Большеболдинском, Починковском и Спасском районах менее 0.01 мг/кг (рисунок 1).

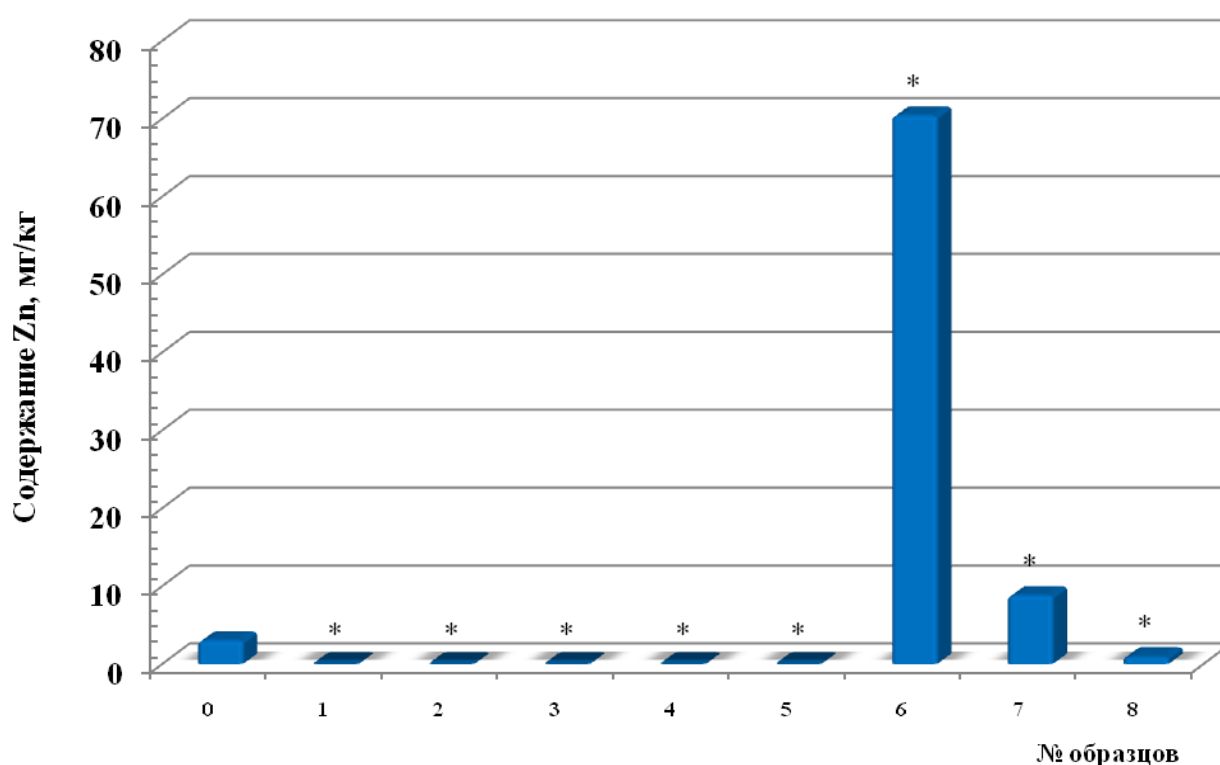


Рисунок 1 – Содержание цинка в мёде, полученном в разных районах Нижегородской области

Районы:

1. Варнавинский;
2. Дальнеконстантиновский;
3. Большеболдинский;
4. Починковский;
5. Спасский;
6. Борский (магистральная автотрасса);
7. г.Бор (периферическая трасса);
8. г.Бор (луга);

0 (контроль)- ПДК для цинка.

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

Максимальное количество цинка (70.4 мг/кг) содержалось в образце мёда, полученного с пасеки, расположенной в непосредственной близости от напряжённой автомобильной трассы Нижний Новгород – Киров. В образце мёда, взятого с пасеки, расположенной вблизи периферической трассы внутри г. Бор количество цинка составило 8.8 мг/кг, в образце мёда, полученного от пчёл, медоносной базой которых являлись Борские пойменные луга, количество цинка составляло 0.9 мг/кг (рисунок 1).

Во всех образцах мёда, полученного из разных районов Нижегородской области с различной экологической напряжённостью, количество меди достоверно ниже ПДК (10 мг/кг). Однако, следует заметить, что содержание меди наиболее высоко в Варнавинском (3.8 мг/кг) и Спасском (3.6 мг/кг) районах, а минимальное содержание в г. Бор (периферическая трасса) (рисунок 2).

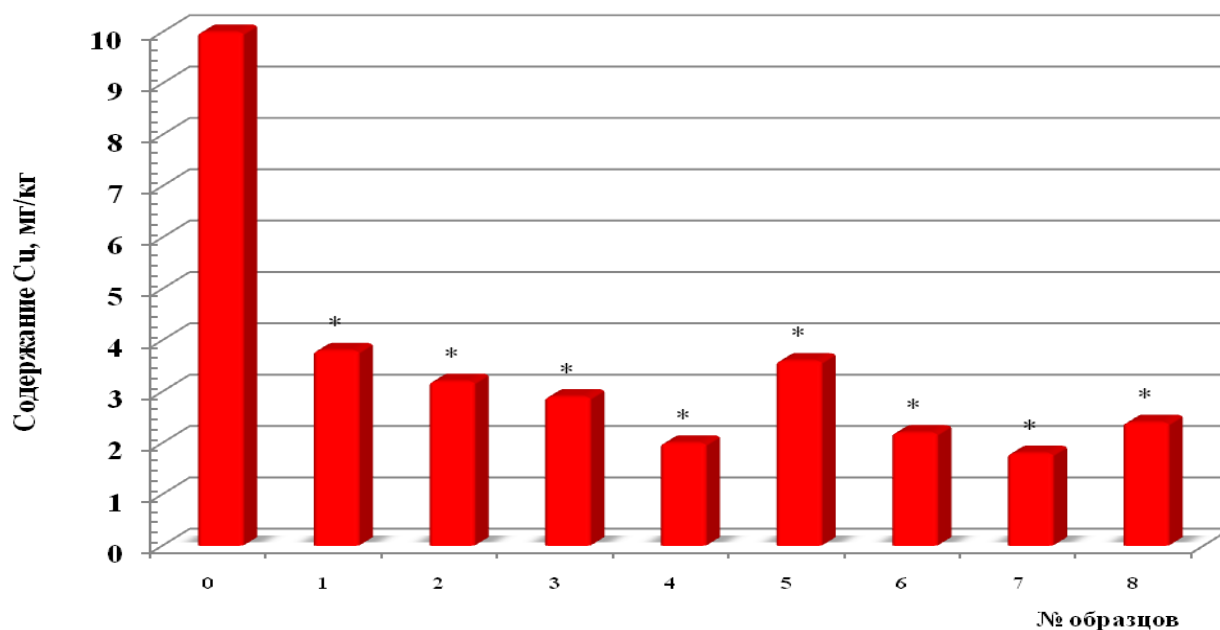


Рисунок 2 – Содержание меди в мёде, полученном в разных районах Нижегородской области

Районы:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Варнавинский; | 2. Дальнеконстантиновский; |
| 3. Большеболдинский; | 4. Починковский; |
| 5. Спасский; | 6. Борский (магистральная автотрасса); |
| 7. г.Бор (периферическая трасса); | 8. г.Бор (луга); |

0 (контроль)- ПДК для меди.

* - Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

Воск является производным восковых желёз рабочих пчёл, в связи с чем в меньшей степени зависит от факторов окружающей среды, чем мёд. Нами проведён сравнительный анализ содержания тяжёлых металлов в воске, взятом на пасеках Варнавинского и Борского (луга) районов. Оказалось, что содержание цинка, меди, кадмия и свинца в образцах воска значительно ниже ПДК. В Варнавинском (3.1 ± 0.3 мг/кг) и Борском (0.97 ± 0.03 мг/кг) районах максимального значения достигает содержание меди в образцах воска. Содержание других тяжёлых металлов колеблется в пределах 0.01 – 0.2 мг/кг (рисунок 3).

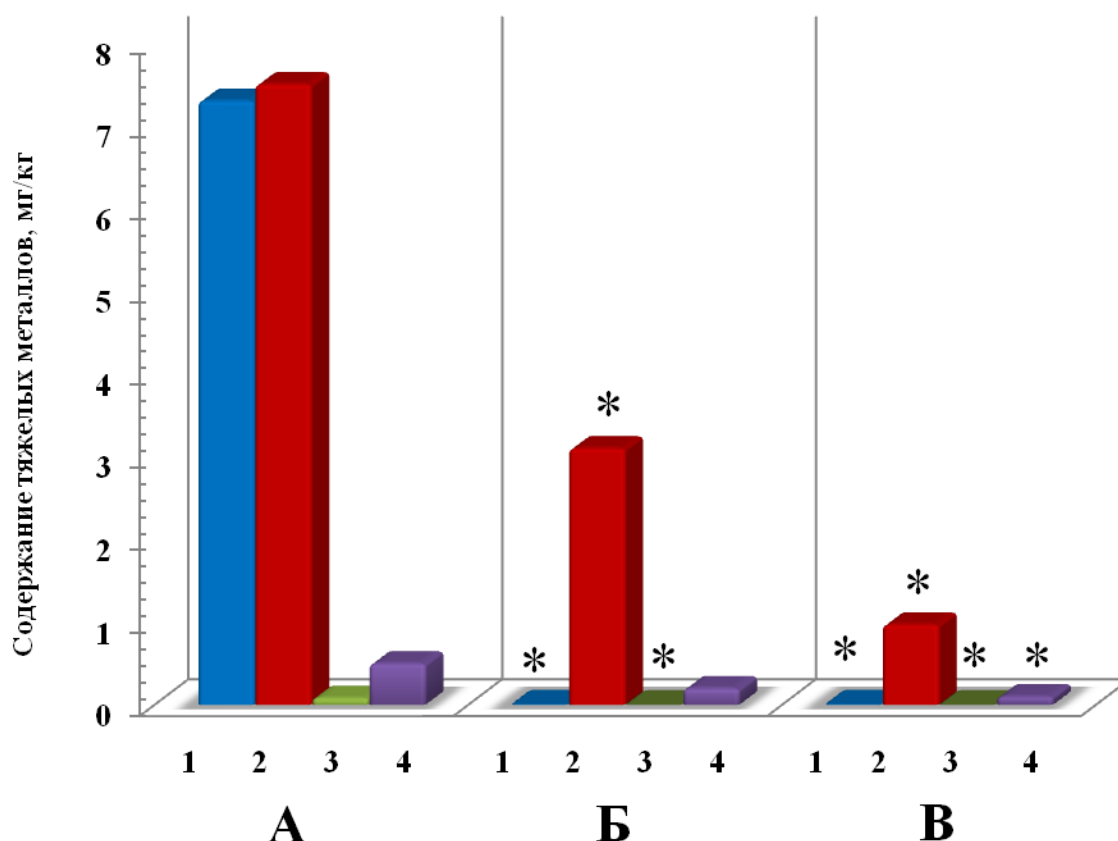


Рисунок 3 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в образцах воска, полученных в районах Нижегородской области

А – ПДК; Б – Варнавинский район; В – Борский район (луга).

1- Цинк; 2- Медь; 3- Кадмий; 4- Свинец

* - Различия между ПДК и экспериментальными группами статистически значимы ($p \leq 0,05$)

На следующем этапе изучения содержания тяжёлых металлов в продуктах пчеловодства и телах пчёл была произведена сравнительная оценка концентрации свинца, кадмия, стронция, цинка и меди в мёде, прополисе, воске, пчелином яде и телах пчёл, образцы которых были получены с пасек, расположенных в 100 м от напряжённой автомагистрали Нижний Новгород – Киров (п. Рекшино) и пасеки, расположенной в лесном массиве близ с. Каменка (Воротынский район).

Максимальное количество свинца было обнаружено в образце прополиса с пасеки, расположенной вблизи автомагистрали (19.0 ± 2.6 мг/кг), а в образе прополиса с лесной пасеки содержание свинца составило лишь 1.4 ± 0.3 мг/кг. Аккумуляция свинца отмечалась в образце воска, употреблявшемся в течение трёх лет. В этом случае количество свинца составляло 2.9 ± 0.3 мг/кг, а в образце с лесной пасеки эта величина равнялась 0.4 ± 0.02 мг/кг, при ПДК 0.5 мг/кг [12] (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика содержания тяжёлых металлов в продуктах пчеловодства и телах пчёл в районах с разной антропогенной нагрузкой

Расположение пасек	Тяжёлые металлы, мг/кг				
	свинец	кадмий	стронций	цинк	медь
Мёд					
Автомагистраль	0.1±0.01	0.001±0	0.2±0.01	70.4±8.6	3.8±1.1
Лесная пасека	0.01±0	0.00	0.01±0.001	9.8±1.3	1.8±0.2
Прополис					
Автомагистраль	19.0±2.6	0.3±0.01	10.2±1.4	51.2±2.3	9.6±0.9
Лесная пасека	1.4±0.3	0.05±0.01	0.8±0.07	23.0±1.7	5.3±0.6
Однолетний воск					
Автомагистраль	0.4±0.03	0.00	0.2±0.01	1.5±0.04	3.1±0.3
Лесная пасека	0.01±0	0.00	0.03±0.03	0.3±0.01	1.0±0.1
Трёхлетний воск					
Автомагистраль	2.9±0.3	0.00	1.9±0.1	46.1±2.8	5.6±1.3
Лесная пасека	0.4±0.02	0.00	0.2±0.01	5.2±0.7	2.0±0.4
Пчелиный яд					
Автомагистраль	0.45±0.1	0.001±0	0.001±0	265±17.2	4.9±0.3
Лесная пасека	0.001±0	0.001±0	0.001±0	116±10.5	2.9±0.08
Тела пчёл					
Автомагистраль	1.1±0.06	0.001±0	0.001±0	90.2±5.3	32.9±2.4
Лесная пасека	0.2±0.05	0.001±0	0.001±0	75.9±7.6	21.9±1.7

Количество кадмия во всех исследованных образцах значительно ниже ПДК и варьирует от 0 до 0.3±0.01 мг/кг в образце прополиса с пасеки вблизи от автомагистрали, в то время как в образце с лесной пасеки содержание кадмия в 6 раз меньше (табл. 2).

Содержание стронция в продуктах пчеловодства выше, чем кадмия, Максимальные величины зарегистрированы в образце прополиса полученного вблизи автомагистрали (10.2±1.4 мг/кг), а в образце с лесной пасеки в 12 раз меньше. Определённая аккумуляция стронция наблюдается в воске, так как в однолетнем воске его содержание составляет 0.2±0.01 мг/кг, а в трёхлетнем - 1.9±0.1 мг/кг (таблица 2).

Все исследованные образцы продуктов пчеловодства и тел пчёл, полученные с пасеки вблизи автомагистрали и лесной пасеки, отличаются высоким содержанием цинка. Исключение составляют показатели однолетнего воска, в котором содержание цинка с пасеки вблизи автомагистрали и лесной пасеки составляет 1.5±0.04 и 0.3±0.01 мг/кг соответственно (таблица 2).

ПДК для цинка в мёде равно 3.0 мг/кг, максимально допустимый уровень (МДУ) составляет 6.91 мг/кг [11]. Количество цинка в образце мёда, полученном вблизи автомагистрали, в 10 раз превышает не только ПДК, но и МДУ. Даже в образцах мёда с лесной пасеки содержание цинка в 3 раза выше ПДК (таблица 2).

ПДК для цинка в воске составляет 7.3 мг/кг, МДУ - 11.1 мг/кг [12]. Содержание цинка в образце трёхлетнего воска значительно выше ПДК и МДУ и составляет с пасеки вблизи автомагистрали 46.1±2.8 мг/кг, а с лесной пасеки – 5.2±0.7 мг/кг. Как уже указывалось выше, содержание цинка в однолетнем воске многократно ниже, чем в трёхлетнем, что говорит о его аккумуляции (таблица 2).

Максимальное количество цинка содержится в образцах пчелиного яда, полученных от пчёл с обеих типов пасек. Второе место по содержанию цинка занимают образцы тел пчёл (таблица 2).

Биологическая роль цинка связана с его участием в ферментативных реакциях, протекающих в клетках. Он входит в состав важнейших ферментов: карбоангидразы, различных дегидрогеназ, фосфатаз, связанных с дыханием и другими физиологическими процессами, протеиназ и пептидаз, участвующих в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена (РНК- и ДНК-полимераз). Помимо участия в дыхании и нуклеиновом обмене, цинк повышает деятельность половых желёз [9]. Кроме того, многие соединения цинка обладают инсектицидными и фунгицидными свойствами, что характерно для пчелиного яда [15].

Потребность цинка в сутки довольно высокая 5–15 мг и пчёлы накапливают его, особенно в жалоносном аппарате, являющимся в эволюционном плане производным репродуктивной системы [8, 13, 14, 16].

В отличие от цинка, содержание меди в яде невелико, в то время как её содержание в телах пчёл с лесной пасеки достигает 21.9 мг/кг, а с пасеки, расположенной вблизи автомагистрали, 32.9 ± 2.4 мг/кг (таблица 2).

Медь, также как и цинк, является необходимым для пчёл микроэлементом, так как входит в состав ряда ферментов, влияет на обмен углеводов и минеральных веществ. Благодаря своим физико-химическим свойствам медь в процессах обмена веществ занимает одно из ведущих мест. Приобретая или теряя электрон, ион меди может служить как донором, так и акцептором электронов в окислительно-восстановительных реакциях. Кроме этого, ионы меди по сравнению с ионами других металлов взаимодействуют с аминокислотами, нуклеотидами, нуклеиновыми кислотами, белками и ферментами, образуя устойчивые комплексы [6].

Таким образом, полученные данные с полной очевидностью, как и исследования других авторов, свидетельствуют о том, что продукты пчеловодства, полученные на пасеках, расположенных вблизи автомагистралей, содержат большое количество тяжёлых металлов, часто превышающих ПДК. В нашей работе впервые были исследованы образцы пчелиного яда, являющегося эндогенным полипептидом, биосинтез которого не связан с окружающей средой. Оказалось, что в нём самое высокое содержание цинка, что можно объяснить с точки зрения эволюции жалоносного аппарата пчёл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарёва, Н.В. Использование медоносных пчёл как биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами / Н.В. Бондарева // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 10. – С. 54-62.
2. Гинойан, Р.В. Хеморецепция пчел и апимониторинг / Р.В. Гинойан, А.Е. Хомутов, Л.М. Калашникова. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2006. – 68 с.
3. Гинойан, Р.В. Продукты пчеловодства и апитерапия. / Р.В. Гинойан, А.Е. Хомутов, О.В. Лушникова – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2008. – 648 с.
4. Гланц, Стентон. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. / Гланц Стентон – М.: Практика, 1999. – 459 с.
5. Еськов, Е.К. Неравномерность аккумуляции свинца и кадмия в теле пчелы / Е.К. Еськов, М.Д. Еськова // Пчеловодство. – 2012. – № 10. – С. 7-8.
6. Ковальский, В.В. Биологическая роль меди / В.В. Ковальский. – М.: Медицина, 1970. – 250 с.
7. Ковальчук, И.И. Уровень тяжёлых металлов и липидов в тканях пчёл на традиционных и органических пасеках / И.И. Ковальчук, Р.С. Федорук. // Пчеловодство. – 2014. – № 8. – С. 10-11.
8. Кривцов, Н.И. Пчеловодство / Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев, Г.М. Туников. – М.: Колос, 1999. – 399 с.
9. Крылова, А.И. Исследование биологического материала на «металлические» яды

дробным методом./ А.И. Крылова. – М.: Медицина, 1975. – 286 с.

10. Лебедев, В.И. Влияние основных факторов на качество мёда / В.И. Лебедев, Е.А. Мурашова // Материалы III Международного форума пчеловодов «Медовый мир». – Ярославль, 2012. – С. 11-15.
11. Пшеничная, Е.А. Пчёлы и продукты пчеловодства как индикаторы окружающей среды / Е.А. Пшеничная // Пчеловодство. – 2010. – № 5. – С. 47-48.
12. Русакова, Т.М. Исследование токсических элементов в продуктах пчеловодства / Т.М. Русакова // Пчеловодство. – 2006. – № 9. – С. 10-11.
13. Хомутов, А.Е. Апитерапия. / А.Е. Хомутов, Р.В. Гинойн, О.В. Лушников, Пурсанов К.А. // Монография. unnp.ru Фонд компьютерных изданий ННГУ. № 887.15.01 от 14.01. 2015. – Нижний Новгород, 2015. – 442 с.
14. Хомутов, А.Е. Гинойн Р.В. Петров В.А. Биологические основы получения пчелиного яда. / А.Е. Хомутов, Р.В. Гинойн, В.А. Петров // www.unnp.ru Фонд компьютерных изданий ННГУ. № 686.14.01 от 17.03.14. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2014. – 285с.
15. Хомутов, А.Е. Биологические и клинические основы апитерапии. / Хомутов, А.Е., К.А. Пурсанов. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородской гос. медицинской академии, 2011. – 400 с.
16. Хомутов, А.Е. Пчелы, пчелиный яд, апитоксинотерапия. / А.Е. Хомутов, К.А. Пурсанов, Калашникова Л.М – Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2006. – 380с.
17. Хомутов, А.Е. Содержание тяжёлых металлов в продуктах пчеловодства и хеморецепция пчёл / А.Е. Хомутов, Д.В. Филатов, В.В. Ягин // Материалы Международной конференции «Пчеловодство – XXI век». – М., 2010. – С. 243-246.
18. Bianu E. Honeybees – bioindicators in a heavy metals polluted area // XL Intenational Congress of Apimondia. 2007. P. 128-136.
19. Bogdanov S., Jurendic T., Sieber R., Gallmann P. Honey for Nutrition and Health //A Review. J. Am. Coll. Nut. 2008. V. 27. P. 677 – 689.
20. Cell G., Maccagnani B. Honey bees as bioindicators of environmental pollution // Bulletin of Insectology, 2003. V 56, № 1. P. 67-72.
21. Folch J.A., Lees M. et al. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue // J. of Biological Chemistry. 1957. V. 226, N. 1. P. 124-128.
22. Madras-Majewska B., Jasinski Z. Lead content of bees, brood and bee products from different regions of Poland // J. Apic. Sci., 2003. V. 47. P. 95-102.
23. Pratt C.R., Sikorski R.S. Lead content of wildflowers and honey bees (*Apis mellifera*) along a roadway: possible contamination of simple food chain // Proc. Pennsylvania Academy of Science, 1982. V. 56, № 2. P. 148-155.

© Ягин В.В., Хомутов Д.А., Петров В.А., Хомутов А.Е. 2015