

УДК 638.162.3:546.3

## **МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ И КАЧЕСТВО МЕДА**

**Кошелева Ольга**

Комратский Государственный Университет, г. Комрат,  
Республика Молдова

**Введение.** Экологическое состояние окружающей среды, а именно загрязнение тяжёлыми металлами является одной из острейших проблем экологии.

Миграция тяжелых металлов происходит по цепочке почва – растения – пчела – продукты пчеловодства.

По трофической цепи пчел происходит распределение и кумуляция отдельных минеральных, в том числе токсичных элементов, а сами пчелиные семьи выступают в роли организмов – индикаторов [3].

Концентрация тяжелых металлов в медоносных растениях может возрастать или уменьшаться по отношению к их содержанию в почве. В исследованиях Еськова Е.К., выполненных в Удмуртии, обнаружено снижение содержания железа на этапе почва- растения примерно в пять раз, а марганца- более чем на порядок. Содержание цинка увеличивалось примерно в три раза. В пробах из Северо-Казахстанской области содержание цинка в почве было примерно в десять раз больше, чем в пробах из Удмуртии. Но от почвы к растениям содержание этого металла менялось несущественно. Содержание меди и свинца было в растениях меньше, чем в почве, в 3-8 раз [2].

Продукты пчеловодства аккумулируют тяжелые металлы в разной степени. Л.А. Бурмистрова и другие считают, что больше всего их накапливается в перге, нектаре и прополисе и в меньшей степени подвержены загрязнению продукты, продуцируемые самими пчелами (воск, маточное молочко, пчелиный яд) [1].

В процессе переработки нектара в мёд содержание тяжёлых металлов в нем уменьшается, в воске их довольно много, а в прополисе же сколько в окружающей среде или выше [2].

Считается, что пчелы благодаря своей жизнедеятельности производят экологически чистые продукты [10]. Также существует мнение, что загрязняющие вещества в продуктах пчеловодства главным образом накапливаются в воске и меде [8].

Содержание тяжелых металлов в соцветиях растений медоносов в несколько раз ниже, чем в почве, на которой они произрастают, а в телах пчел несколько меньше, чем в растениях. Наибольшее количество тяжелых металлов накапливается в продуктах, не проходящих через организм пчел (прополис и пыльца), и меньше их в продуктах, переработанных пчелами (мед, и воск), причем накопление токсичных элементов в воске происходит во время его использования семьей в процессе своей жизнедеятельности. [4].

Пчелы, выступая в роли биофильтра, собирая продукцию с множества нектароносных и пыльценосных растений, способных дать нам прогноз благополучия местности по содержанию в биоценозах солей тяжелых металлов, нитратов, пестицидов и других вредных веществ [3, 5, 6].

Качество продукции пчеловодства также зависит от того, насколько благополучна окружающая среда в районе расположения пасек и насколько скрупулезно соблюдаются соответствующие требования по содержанию и питанию пчел, производству, переработке, хранению и транспортировке полученной от них продукции [9, 12].

В связи с этим цель проводимых исследований является изучение миграции тяжелых металлов в трофической цепи и качество меда из разных почвенно- климатических зон.

**Материалы и методика исследований.** Для достижения поставленных целей в активный сезон были собраны пробы почвы, меда и цветков акации, липы и подсолнечника, пыльца, прополис из Южной,

Центральной и Северной зон Республики Молдова. У рабочих пчел взятые для анализа удалили кишечник.

Содержание тяжелых металлов в полученных образцах определяли атомно-абсорбционным методом спектрометрии в Институте химии.

Полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики [7] и с помощью компьютерной программы.

Работа выполнена при финансовой поддержке прикладных исследований проекта № 20.80009.5007.17 Национального Агентства по Исследованиям и Развитию Республики Молдовы.

**Результаты исследований.** Результаты наших исследований показали, что в почве количество изученных тяжелых металлов составило в среднем 2,14 мг/кг. Содержание свинца (<0,5 мг/кг), кадмия (<0,06 мг/кг) и цинка (<0,75 мг/кг) было одинаковое в Южной и Центральной зон. Количество меди составило в среднем 0,83 мг/кг с вариациями от <0,7 до 0,9 мг/кг, гораздо меньше максимальной допустимой концентрации (таблица 1).

**Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в почве из разных почвенно-климатических зон, мг/кг**

Тяжёлые металлы	2020 г		2021 г	
	Центральная зона, Ниспорены	Южная зона, Комрат	Центральная зона, Ниспорены	
Свинец (Pb)*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)*	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Медь (Cu)*	0,9	0,9	<0,7	0,83±0,06 7
<b>Общее количество</b>	<b>2,21</b>	<b>2,21</b>	<b>2,01</b>	<b>2,14</b>

\*Максимальная допустимая концентрация – Pb – 32,0 мг/кг, Cd – 5,0 мг/кг и Cu – 100,0 мг/кг в почве

Установлено, что в цветках акации из Южной зоны общая сумма тяжелых металлов варьировало от 31,81 до 50,06 мг/кг (таблица 2). В Центральной зоне общее количество тяжелых металлов было меньше в среднем на 8,94 мг/кг (31,8-32,18 мг/кг). Количество свинца (<0,5 мг/кг) и кадмия (<0,06 мг/кг) в цветках акации Южной и Центральной зоне было одинаковое, в то время как содержание цинка составило в среднем – 30,4 мг/кг и меди – 9,97 мг/кг (Южная зона) и соответственно – 23,15 мг/кг и 8,28 мг/кг (Центральная зона).

Можно отметить, что в цветках акации среднее количество тяжелых металлов составило – 36,46 мг/кг (31,8-50,06 мг/кг), из которых цинк – 26,77 мг/кг (21,8-38,3 мг/кг) и медь – 9,13 мг/кг (6,74-11,2 мг/кг), содержание золы – 5,75% (5,12-6,68 мг/кг).

**Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в цветах акации из разных почвенно-климатических**

Тяжёлые металлы	Южная зона, Комрат		Центральная зона		
	2020 г	2021 г	Ниспорены, 2020 г	Калараш, 2021 г	
Свинец (Pb)*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)*	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	38,3	22,5	21,8	24,5	26,77 ± 3,884
Медь (Cu)	11,2	8,75	9,82	6,74	9,13 ± 0,941
<b>Общее количество</b>	<b>50,06</b>	<b>31,81</b>	<b>32,18</b>	<b>31,80</b>	<b>36,46 ± 4,533</b>
Зольность, %	5,12	6,68	5,46	5,75	5,75 ± 0,335

\* Согласно регламенту ЕС 1881/2006 максимально допустимая концентрация – Pb – 0,3 мг/кг и Cd – 0,2 мг/кг в цветах медоносных растений.

Выявлено, что общее количество тяжелых металлов в цветках подсолнечника в Южной зоне составило – 42,16 мг/кг, в Центральной – на 5,3 мг/кг больше, а в Северной зоне соответственно – 6,8 мг/кг. Среднее количество тяжелых металлов в цветках подсолнечника было – 46,19 мг/кг или на 9,73 мг/кг больше чем в цветках акации (таблица 3).

**Таблица 3 - Содержание тяжелых металлов в цветах подсолнечника из разных почвенно-климатических зон, мг/кг, 2020-2021 г**

Тяжёлые металлы	Зона			
	Южная, Комрат	Центральная, Ниспорены, Калараш	Северная	
Свинец (Pb)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	29,2	32,9	36,8	32,97±2,194
Медь (Cu)	12,4	14,0	11,6	12,66±0,706
<b>Общее количество</b>	<b>42,16</b>	<b>47,46</b>	<b>48,96</b>	<b>46,19±2,063</b>
Зольность, %	6,56	9,64	5,62	7,27±1,214

Количество свинца и кадмия во всех изучаемых зон было на одном уровне – <0,5 и <0,06 мг/кг, на много меньше максимально допустимой концентрации. Наибольшее количество цинка обнаружено в цветках подсолнечника Северной зоне – 36,8 мг/кг, а меди в Центральной – 14,0 мг/кг. Содержание золы составило 7,27% с колебания в зависимость от зоны от 5,62 до 9,64%.

В цветках липы общее количество тяжелых металлов в Центральной зоне колебалось в пределах 24,46 и 29,56 мг/кг (таблица 4). Среднее количество цинка составило 17,4 мг/кг и меди – 9,05 мг/кг, золы – 7,63%.

**Таблица 4 - Содержание тяжелых металлов в цветах липы из разных почвенно-климатических зон, мг/кг**

Тяжёлые металлы	Центральная зона		
	Ниспорены, 2020 г	Калараш, 2021 г	
Свинец (Pb)	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)	0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	15,8	19,0	17,4±1,600
Медь (Cu)	8,10	10,0	9,05±0,950
<b>Общее количество</b>	<b>24,46</b>	<b>29,56</b>	<b>27,01±2,550</b>
Зольность, %	-	7,63	7,63

Если количество свинца и кадмия в цветках изученных медоносных растений было на одном уровне, тогда как цинка и меди больше всего – у подсолнечника.

Установлено, что в акациевом меде общее количество тяжелых металлов составило в среднем 2,68 мг/кг с колебанием от 2,63 мг/кг (Центральная зона) до 2,73 мг/кг (Южная зона) (таблица 5). Из тяжелых металлов больше всего содержится меди – 1,46 мг/кг в Центральной зоне и – цинка 0,77 мг/кг в Южной. Содержание золы варьировало от 0,04 до 0,14%.

**Таблица 5 - Содержание тяжелых металлов в акациевом меде из разных почвенно-климатических зон, мг/кг, 2020-2021 г**

Тяжёлые металлы	Южная зона, Комрат	Центральная зона, Ниспорены, Калараш	
Свинец (Pb)*	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)*	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	0,77	0,61	0,69±0,080
Медь (Cu)*	1,40	1,46	1,43±0,030
<b>Общее количество</b>	<b>2,73</b>	<b>2,63</b>	<b>2,68±0,050</b>
Зольность, %	0,04	0,14	0,09±0,050

\*Согласно стандарту ЕС (Council Directive 2001/110/EC) [15] максимально допустимым пределом – Pb – 0,20 мг/кг и Cd – 0,20 мг/кг, Cu – 0,50 мг/кг в меде.

Набольшее количество тяжелых металлов в подсолнечниковом меде обнаружено в Центральной зоне 3,7 мг/кг или на 1,29 мг/кг больше, чем

Южной и на 1,66 мг/кг – чем Северной зоне (таблица 6). Содержание золы составило 0,23% (0,17-0,29%).

**Таблица 6 - Содержание тяжелых металлов в подсолнечниковом меде из разных почвенно-климатических зон, 2020-2021 г, мг/кг**

Тяжёлые металлы	Южная зона, Комрат	Центральная зона, Ниспорены, Калараш	Северная зона, подсолнечник	☒
Свинец (Pb)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	0,79	1,65	0,68	1,04±0,307
Медь (Cu)	1,06	1,49	<0,8	1,12±0,201
<b>Общее количество</b>	<b>2,41</b>	<b>3,7</b>	<b>2,04</b>	<b>2,72±0,503</b>
Зольность, %	0,23	0,29	0,17	0,23±0,035

Общее количество тяжелых металлов в липовом меде (3,33 мг/кг) было на 0,61 мг/кг больше чем в подсолнечниковом меде. Наибольшее количество цинка – 2,39 мг/кг выявлено в липовом меде собранной из Центральной зоне (Ниспорены), а меди 1,63 мг/кг (Калараш) (таблица 7).

**Таблица 7 - Содержание тяжелых металлов в меде липы из разных почвенно-климатических зон, мг/кг**

Тяжёлые металлы	Центральная зона			☒
	Ниспорены, 2020 г	Калараш, 2021 г	Каприяна, 2021 г	
Свинец (Pb)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	2,39	1,24	0,84	1,49±0,465
Медь (Cu)	0,96	1,63	1,24	1,28±0,194
<b>Общее количество</b>	<b>3,91</b>	<b>3,43</b>	<b>2,64</b>	<b>3,33±0,370</b>
Зольность, %	0,10	0,18	0,22	0,17±0,035

Во всех изученных сортах меда наибольшее количество тяжелых металлов выявлено в липовом меде (3,33 мг/кг). Количество свинца и кадмия в пчелином меде было одинаково во всех почвенных климатических зонах Республики Молдова.

Наибольшее количество меди (1,43 мг/кг) обнаружено в акациевом меде или в 2,86 раза максимально допустимой концентрации, а цинка (1,49 мг/кг) в липовом меде.

В пыльцевых обножках акации общее количество тяжелых металлов составило 48,86-51,66 мг/кг, а подсолнечника – 34,33 мг/кг (Южная зона) и

44,48 мг/кг (смешанная, Центральной и Южной зон) (таблица 8). Наибольшее количество цинка (41,7 мг/кг) и меди (9,4 мг/кг) обнаружено в пыльцевых обножках акации из Центральной зоны, а кадмия (0,10 мг/кг) в смешанных обножках из Центральной и Южной зон. Полученные результаты согласуются с данными ряда авторов [11].

**Таблица 8 - Содержание тяжелых металлов в пыльцевых обножках из разных почвенно-климатических зон, мг/кг**

Тяжёлые металлы	Пыльцевые обножки акации		Пыльцевые обножки подсолнечника		
	Центральная и Южная зона, 2020	Центральная зона, 2021	Центральная и Южная зона, 2020	Южная зона, 2021	
Свинец (Pb)*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)*	<0,06	<0,06	0,10	<0,06	<0,07±0,753
Цинк (Zn)	41,1	41,7	37,6	25,0	36,35±3,890
Медь (Cu)**	7,20	9,4	6,28	8,77	7,91±0,714
<b>Общее количество</b>	<b>48,86</b>	<b>51,66</b>	<b>44,48</b>	<b>34,33</b>	<b>44,83±3,800</b>
Зольность, %	2,82	2,30	2,12	1,17	2,10±0,344

\* Согласно регламенту ЕС 1881/2006 максимально допустимая концентрация – Pb – 3,0 мг/кг и Cd – 1,0 мг/кг в обножках. \*\* СанПиН 42-123-4089-86 – Cu – 15 мг/кг [14].

Количество тяжелых металлов в прополисе было в среднем 84,54 мг/кг с колебанием от 69,13 мг/кг до 99,95 мг/кг в смешанной пробе из Центральной и Южной зон (таблица 11). В прополисе количество свинца составило – 7,42 мг/кг (5,0-9,85 мг/кг) и цинка 73,4 мг/кг (61,5-85,3 мг/кг).

**Таблица 9 - Содержание тяжелых металлов в прополисе из разных почвенно-климатических зон, мг/кг**

Тяжёлые металлы	Центральная и Южная зона		
	2020 г	2021 г	
Свинец (Pb)	9,85	5,0	7,42±2,425
Кадмий (Cd)	<0,06	<0,06	<0,06
Цинк (Zn)	85,3	61,5	73,4±11,900
Медь (Cu)	4,74	2,57	3,65±1,085
<b>Общее количество</b>	<b>99,95</b>	<b>69,13</b>	<b>84,54±15,410</b>
Зольность, %	2,43	0,18	1,3±1,125

Рабочие пчелы питаются нектаром, медом как углеводный корм и пыльцой – белковый и все питательные вещества необходимые для метаболических процессов они берут из этих корма.

Анализируя содержания тяжелых металлах в теле пчел, можно отметить, что общее количество составило в среднем 87,23 мг/кг (81,36-93,10 мг/кг) (таблица 10). Содержание цинка в теле пчел составило 71,00 мг/кг (66,5-75,5 мг/кг) и меди 15,65 мг/кг (14,3-17,0 мг/кг).

**Таблица 10 - Содержание тяжелых металлов в теле пчел без кишечника из разных почвенно-климатических зон, мг/кг**

Тяжёлые металлы	Центральная зона		
	Ниспорены, 2020	Кэлэраш, 2021	
Свинец (Pb)*	<0,5	<0,5	<0,5
Кадмий (Cd)*	0,10	<0,06	0,08±0,020
Цинк (Zn)*	75,5	66,5	71,00±4,500
Медь (Cu)	17,0	14,3	15,65±1,350
<b>Общее количество</b>	<b>93,10</b>	<b>81,36</b>	<b>87,23±5,870</b>
Зольность, %	2,98	2,55	2,76±0,215

\*Опасная доза (по Senczuk W., et al., 2002) [13] – Pb – 109 мг/кг и Cd – 55 мг/кг, Cu – 455 мг/кг в теле пчел.

**Закключение.** 1. Выявлено, что в трофической цепи общее количество тяжелых металлов составило в среднем в почве – 2,14 мг/кг, в цветках акации – 36,46 мг/кг, подсолнечника – 46,19 мг/кг, липы – 27,01 мг/кг; в акациевом меде – 2,68 мг/кг, подсолнечниковом – 2,72 мг/кг и липовом – 3,33 мг/кг; пыльцевой обножки – 44,83 мг/кг, прополисе – 84,54 мг/кг и в теле пчел без кишечника – 87,23 мг/кг.

2. Содержание тяжелых металлов зависят от почвенно-климатических условий и вида медоносных растений. Наибольшее количество цинка выявлена в цветках подсолнечника 36,8 мг/кг (Северная зона) и меди 14,0 мг/кг (Центральная зона), в липовом меде: Zn – 2,39 мг/кг (Центральная зона, Ниспорены) и Cu – 1,63 мг/кг (Калараш); в пыльцевых обножках: Zn – 41,1 мг/кг (Центральная и Южная зона) и Cu – 9,4 мг/кг (Центральная зона). Из всех изученных сортах меда наибольшее количество тяжелых металлов выявлено в липовом меде (3,33 мг/кг). Количество свинца и кадмия во всех пробах было на одном уровне не зависимо от почвенно-климатических зон.

3. Мед, полученный с акации, подсолнечника и липы с разных почвенно-климатических зон обладают хорошим качеством для употребления человеком.

**Литература.** 1. Бурмистрова Л.А., Русакова Т.М., Лизунова С.А., Репникова Л.В. Особенности накопления токсичных элементов отдельными продуктами пчеловодства. Современные технологии производства и переработки меда.

Материалы Межд. науч.-практ. конф. по пчеловодству. Новосибирск, 2008, с. 13-19.

2. Еськов Е.К., Еськов К.Е., Колбина Л.М., Максимов В.В., Хисматуллин Р.Г., Яковлев О.Г. Содержание тяжелых металлов в почве, пчелах и их продуктах. Пчеловодство, 2001, № 4, с.14-15. 3. Ковальчук И.И. Содержание тяжелых металлов в организме пчел и их продукции с разных экологических зон Прикарпатья. Пчеловодство, 2012, № 2, с. 6-7. 4. Кодесь Л.Г, Бычкова Н.В. Миграция тяжелых металлов в продуктах пчеловодства. Пчеловодство, 2010, № 3, <https://beejournal.ru/pyltsa/387-migratsiya-tyazhelykh-metallov-v-produktakh-pchelovodstva> (дата посещения 25.07.2022). 5. Кулаков В.Н., Русакова Т.М. Окружающая среда и качество продуктов пчеловодства. Современные технологии в пчеловодстве. Рыбное, 2004, с. 126-130. 6. Лебедев В.И., Мурашова Е.А. Биотехнологические аспекты производства экологически чистых продуктов пчеловодства. Экологические аспекты производства, переработки и использования продуктов пчеловодства. Рыбное. 200, с. 31-43. 7. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных, М: Колос, 1970. 312 с. 7. Технология производства продукции животноводства: курс лекций: учебно-методическое пособие в 2-х ч. – Ч. 2. Технология производства продукции коневодства, овцеводства и пчеловодства / М.А. Гласкович [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – 239 с.

8. Пашаян С.А. Свойства миграции тяжелых металлов. Пчеловодство, 2006, № 9, с. 12-13. 9. Пономарём Ф.С., Фарамзян А.С. Органическое пчеловодство и органический мед. Пчеловодство, 2010, № 10, с. 2-5. 10. Русакова Т.М. и др. Исследование токсических элементов в продуктах пчеловодства. Пчеловодство, 2006, № 9, с. 10-13. 11. Fakhimzadex and Lodenius M. Honey, pollen and bee as indicators of metal pollution. In: Acta Universitatis Carolinae Environmentalica 14., 2000, pp.13-20. 12. Research Institute for Organic Agriculture. Электронный ресурс. 2010. <https://www.fibl.org>. 13. Senczuk W., et al. Toxicology. Warsaw. Medical Publishing House PZWL, Edit. IV, 2002, pp. 470-509. 14. Сан ПиН 42-123-4089-86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. 15. Council Directive 2001/110/EC relating to honey.