

## **Тяжёлые металлы в трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукты пчеловодства» как показатель загрязнения окружающей среды**

*Р.Р. Фаткуллин, д.б.н., профессор, Ю.А. Гизатулина, ассистент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ*

В связи с интенсивным ростом и развитием промышленности, транспорта, индустриализацией и химизацией сельского хозяйства, ускорением научно-технического прогресса за последние годы значительно увеличилось и продолжает нарастать поступление в окружающую среду тяжёлых металлов техногенного происхождения [1–6]. Загрязнение объектов биосферы, в том числе пищевого сырья, как растительного, так и животного происхождения, солями тяжёлых металлов, учитывая их высокую токсичность, способность накапливаться в организме человека, оказывать вредное воздействие даже в сравнительно низких концентрациях, может иметь ряд серьёзных последствий для здоровья человека.

Особую актуальность данный вопрос приобретает на территориях, подверженных выбросам предприятий топливно-энергетического комплекса. Это вызвано тем, что постоянно выявляются факты сверхнормативных и самовольных выбросов загрязняющих веществ от тепловых электростанций в окружающую среду в результате пыления. На техногенно загрязнённых территориях в естественных и культурных ценозах возникают разнообразные негативные процессы, приводящие не только к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, деградации почвенного плодородия, но и к трансформации природной среды в целом. При этом происходит аккумуляция тяжёлых металлов в почве, растениях и далее по трофической цепи «тело пчелы – продукты пчеловодства».

На основании вышеизложенного целью исследования явилось определение содержания тяжёлых металлов в трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукция пчеловодства», как показатель загрязнения окружающей среды в отдельных районах Челябинской области.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводили на территориях сельских поселений Троицкого района Челябинской области, расположенных по розе ветров в юго-восточном (почвенная площадка ПП1) и юго-западном (почвенная площадка ПП2) направлениях от основного источника загрязнения окружающей среды – ОАО «ОГК-2 «Троицкая ГРЭС». Расстояние составило: пос. Бобровка (ПП1) – 10–15 км и пос. Берлин (ПП2) – 45–50 км.

Пробы почв, цветков медоносных растений, пчёл, прополиса, воска, пыльцы и мёда для исследования отбирали с мая по сентябрь. Содержание тяжёлых металлов в полученных образцах определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

**Результаты исследования.** Результаты количественного поглощения тяжёлых металлов в трофической цепи, а именно свинца, кадмия и никеля, представлены в таблице 1.

Наибольшее содержание тяжёлых металлов было установлено в почве пос. Бобровка (ПП1), где концентрация свинца составила  $31,43 \pm 1,12$  мг/кг, кадмия –  $1,56 \pm 0,05$  мг/кг и никеля –  $43,21 \pm 2,10$  мг/кг. Содержание данных элементов в почве пос. Берлин (ПП2) значительно меньше: свинца – в 8,34 раза, кадмия – в 26 раз, никеля – в 4,23 раза. Это говорит о том, что почвы пос. Бобровка подвержены наибольшим техногенным воздействиям тепловой станции и отличаются высокой загрязнённостью тяжёлыми металлами.

По наличию тяжёлых металлов цветки медоносных растений ПП1 превосходили цветки медоносов ПП2. Так, концентрация свинца в медоносных растениях, произрастающих на территориях непосредственной близости к теплостанции (ПП1), была в 6 раз больше по сравнению с ПП2. Аналогичная закономерность выявлена в отношении кадмия и никеля: с увеличением их содержания в медоносных растениях ПП1 в 9,66 и 3,88 раза по сравнению с образцами ПП2.

Содержание тяжёлых металлов в теле пчелы по отношению к их количеству в растениях, с которых пчелы собирали нектар и пыльцу, на двух почвенных площадках по изучаемым показателям закономерно уменьшалось. Так, на ПП1 содержание свинца снизилось в 1,07 раза, кадмия – в 1,32 раза, никеля – в 1,49 раза по сравнению с их содержанием в цветках медоносов. Концентрация исследуемых элементов в теле медоносных пчёл, которые содержались на расстоянии 45–50 км от тепловой станции (ПП2), снижалась интенсивнее, чем у пчёл, которых отбирали на расстоянии 10–15 км: для свинца – в 1,17 раза, для кадмия – в 1,5 раза, для никеля – в 3,49 раза. Как известно, больше тяжёлых металлов выявляют в организме пчёл, содержащихся на пасеках в непосредственной близости к источнику загрязнения. Соответственно аккумуляция тяжёлых металлов в теле пчелы возрастает по мере приближения к источникам техногенного загрязнения.

Продукты пчеловодства аккумулируют тяжёлые металлы в разной степени. Установлено, что в пыльце, собранной пчёлами, находившимися в 10–15 км от источника загрязнения, содержание свинца составляло в среднем  $2,04 \pm 0,08$  мг/кг, а в пыльце того же вида растения, но отобранной от семей, находившихся на расстоянии 45–50 км от теплостанции, всего лишь  $0,16 \pm 0,008$  мг/кг, что в 12,75 раза меньше. Аналогичная тенденция характерна и для прополиса. Установлено, что различия по содержанию свинца в пробах прополиса были также глубокими –  $2,71 \pm 0,13$  и  $0,27 \pm 0,01$  мг/кг соответственно, что в 10 раз меньше по сравнению ПП1 с ПП2.

Свинец, несмотря на относительно высокое содержание в почве, медоносных растениях и в теле пчелы, меньше всего аккумулируется в мёде и воске сотов двух почвенных площадок, следует констатировать, что на ПП2 концентрация данного элемента уменьшилась по мере удалённости пчелиных семей от источника загрязнения. Так, концентрация свинца в мёде и воске сотов на ПП1 составила  $0,65 \pm 0,03$  и  $1,28 \pm 0,05$  мг/кг, а на ПП2 –  $0,10 \pm 0,005$  и  $0,05 \pm 0,002$  мг/кг соответственно, что в 6,5 и 25,6 раза меньше.

Результаты проведённого исследования показали, что самое высокое содержание кадмия

1. Содержание тяжёлых металлов в трофической цепи, мг/кг ( $X \pm S_x$ )

Объект исследования	Показатель					
	свинец		кадмий		никель	
	ПП1	ПП2	ПП1	ПП2	ПП1	ПП2
Почва	$31,43 \pm 1,12$	$3,77 \pm 0,17$	$1,56 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,003$	$43,21 \pm 2,10$	$10,21 \pm 0,42$
Цветки медоносных растений	$3,82 \pm 0,18$	$0,63 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,001$	$5,01 \pm 0,23$	$1,29 \pm 0,05$
Тело пчелы	$3,57 \pm 0,17$	$0,54 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,001$	$3,37 \pm 0,16$	$0,37 \pm 0,01$
Прополис	$2,71 \pm 0,013$	$0,27 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,003$	$0,01 \pm 0,00$	$2,82 \pm 0,13$	$0,30 \pm 0,01$
Воск	$1,28 \pm 0,05$	$0,05 \pm 0,002$	$0,02 \pm 0,001$	–	$0,51 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,01$
Пыльца	$2,04 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,008$	$0,23 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,001$	$1,41 \pm 0,06$	$0,89 \pm 0,04$
Мёд	$0,65 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,005$	$0,03 \pm 0,001$	$0,01 \pm 0,00$	$1,25 \pm 0,05$	$0,71 \pm 0,03$

## 2. Концентрации токсичных веществ в пробах мёда

Показатель	СанПиН 2.3.2.1078-01	Проба меда	
		ПП 1	ПП 2
Свинец, мг/кг	1,0	0,65	0,10
Кадмий, мг/кг	0,05	0,03	0,01
Цезий – 137, Бк/кг	100,0	8,5	2,7
Стронций – 90, Бк/кг	80,0	15,7	1,5

нами отмечено в исследуемых пробах пыльцы и прополиса пос. Бобровка (ПП1), равные  $0,23 \pm 0,01$  и  $0,08 \pm 0,003$  мг/кг соответственно. В то же время концентрация данного элемента в исследуемых пробах пыльцы и прополиса п. Берлин (ПП2) составила  $0,02 \pm 0,001$  и  $0,01 \pm 0,00$  мг/кг, что в 11,5 и 8 раз меньше соответственно.

Содержание кадмия в мёде и воске составило  $0,03 \pm 0,001$  и  $0,02 \pm 0,008$  мг/кг для ПП1, для ПП2 в мёде оно равно  $0,01 \pm 0,00$  мг/кг, а в воске данного экотоксиканта не обнаружено.

Так, пыльца и прополис отличались большей загрязнённостью свинцом и кадмием, чем воск и мёд. Мы объясняем это тем, что наибольшее количество тяжёлых металлов накапливается в продуктах, не проходящих через организм пчёл.

Следует констатировать, что легче всего в продукты пчеловодства проникает никель. Так, наиболее высокое содержание никеля выявлено в прополисе ПП1 и составило  $2,82 \pm 0,13$  мг/кг, немного меньше в пыльце –  $1,41 \pm 0,06$  мг/кг, а в мёде и воске –  $1,25 \pm 0,05$  и  $0,51 \pm 0,02$  мг/кг соответственно. В то же время концентрация данного элемента в исследуемых образцах ПП2 была несколько меньше и составила: в прополисе –  $0,30 \pm 0,01$ , в пыльце –  $0,89 \pm 0,04$ , в мёде –  $0,71 \pm 0,03$ , в воске сотов –  $0,35 \pm 0,01$  мг/кг. Столь значительное накопление никеля в пчелопродуктах ПП2 можно объяснить не только его повышенным содержанием в почве исследуемого поселения, но и его химическими свойствами.

Таким образом, повышенное содержание тяжёлых металлов в почве и цветках медоносных растений с пасеки пос. Бобровка, расположенной в непосредственной близости к источнику загрязнения, свидетельствует о выраженном физиологическом воздействии агроэкологических факторов, которое сопровождается кумуляцией тяжёлых металлов в организме пчёл и создаваемой ими продукции. Поэтому при получении продукции пчеловодства крайне важно правильно размещать пасеки с учётом состояния окружающей среды.

Концентрации токсичных веществ в мёде, при которых в течение неограниченного времени не происходит отклонений в здоровье человека при употреблении мёда, установлены СанПиН 2.3.2.1078-01.

Результаты исследования проб мёда по показателям безопасности представлены в таблице 2.

Проведённый анализ химического состава образцов мёда двух почвенных площадок показывает, что отклонений по содержанию тяжёлых металлов и радионуклидов нет. По показателям безопасности исследуемые пробы мёда соответствуют требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 и могут быть использованы для употребления и продажи.

**Выводы.** 1. Концентрация загрязняющих веществ, а именно тяжёлых металлов, довольно интенсивно уменьшается по мере удалённости пчелиных семей от источника загрязнения.

2. В теле пчелы и продуктах пчеловодства в трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукты пчеловодства» происходит уменьшение содержания тяжёлых металлов. Таким образом, если проследить миграцию свинца, кадмия и никеля в биологической цепи, то каждое последующее звено выступает в роли природного биофильтра.

3. Наибольшее количество тяжёлых металлов накапливается в продуктах, не проходящих через организм пчёл (прополис и пыльца), и меньше их в продуктах, переработанными пчелами (мёд и воск).

4. В мониторинге окружающей среды по содержанию тяжёлых металлов в качестве биоиндикаторов могут служить пчёлы и продукция пчеловодства, а именно пыльцевая обножка (пыльца) и прополис.

### Литература

1. Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы. Рязань, 1995. 394 с.
2. Таирова А.Р., Шарифьянова В.Р., Ахметзянова Ф.К. Геохимическая оценка почв лесостепной зоны Южного Урала // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. 2013. Т. 214. С. 412–416.
3. Панков Д.М. Энтомофауна полей культурных медоносов в лесостепи Алтая // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 12–15.
4. Таирова А.Р., Мухамедьярова Л.Г., Сулейманова К.У. Особенности биоаккумуляции тяжёлых металлов в организме рыб семейства карповые и семейства окуневые // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: матер. XIV Междунар. науч.-практич. конф. Кемерово, 2015. С. 550–553.
5. Таирова А.Р., Кузнецов А.И. Химические элементы в биосфере // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С. 116.
6. Фаткуллин Р.Р. Состояние здоровья крупного рогатого скота в условиях техногенной агроэкосистемы. Троицк, 2014. С. 61–68.