

Оценка загрязнённости трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукция пчеловодства» тяжёлыми металлами в условиях лесостепной зоны Южного Урала

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

Изучение результатов антропогенного загрязнения окружающей среды в настоящее время приобрело исключительно важное значение, поскольку многие из накапливающихся в воздухе, воде и почвах химических элементов чрезвычайно опасны для живых организмов. Самого пристального внимания заслуживает техногенное накопление тяжёлых металлов, особенно в почвах – начальном звене пищевой цепи. Столь же актуально изучение загрязнённости сельскохозяйственных культур, так как до 70–80% от общего количества тяжёлых металлов, поступающих в организм человека, приходится на растительную продукцию [1–3].

В результате антропогенной деятельности тяжёлые металлы попадают в природные среды в миграционно-активном состоянии и вовлекаются в биологический круговорот [4–6]. Растительный организм обеспечивается ионами тяжёлых металлов в первую очередь за счёт их поглощения корневой системой. Кроме того, тяжёлые металлы могут поступать в растения, в том числе медоносные, в составе аэрально-техногенного потока путём фоллиарного поглощения, способны накапливаться и удерживаться в листьях.

При избыточном поступлении тяжёлых металлов через корни в растения работают защитные механизмы неспецифической природы. Они ограничивают проникновение тяжёлых металлов в надземные органы, в метаболические центры клеток. По отношению к разным тяжёлым металлам защитные возможности растений проявляются неодинаково.

Между накоплением тяжёлых металлов в почве и выращиваемой на ней культуре существует прямая, но далеко не адекватная связь: и на сильно загрязнённой, но обладающей высокими защитными свойствами почве при выращивании растений, способных тормозить перемещение тяжёлых металлов в поедаемые органы, возможно получение гигиенически приемлемого урожая.

Загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами является одной из острейших проблем экологии. Особенно актуальной она стала в последние годы, так как тесно пересекается с другой глобальной проблемой – получения экологически чистых продуктов питания.

На основании вышеизложенного целью работы явилась оценка загрязнённости трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукты

пчеловодства» тяжёлыми металлами в условиях лесостепной зоны Южного Урала (Троицкий район Челябинской области).

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

– дать эколого-хозяйственную оценку территорий района;

– установить содержание тяжёлых металлов в почве выбранных территорий, цветках медоносных растений, в теле пчелы и продукции пчеловодства.

Материал и методы исследования. Для проведения научно-хозяйственного опыта были выбраны частные пасеки, расположенные по розе ветров в юго-восточном (почвенная площадка ПП1) и юго-западном направлениях (почвенная площадка ПП2) от основного источника техногенного загрязнения территории города Троицка и Троицкого района – ОАО ОГК-2 «Троицкая ГРЭС». Расстояние составило: п. Бобровка (ПП1) – 10–15 км, п. Скалистый (ПП2) – 30–40 км. При этом наибольшая повторяемость по розе ветров нами была зарегистрирована в южном и особенно в юго-восточном направлениях.

При проведении эколого-хозяйственной оценки территорий применяли метод быстрой оценки экологической обстановки, предложенный В.Г. Кашковским и А.А. Плаховой, и одновременного наблюдения за работой пчёл на цветках. Наблюдения за численностью насекомых осуществляли на двух почвенных площадках (ПП), разбитых на полях, используемых пчеловодами частных пасек и занятых медоносными растениями. На основании разницы установленной численности видов насекомых исследованных почвенных площадок делали выводы об экологической чистоте местности: там, где видов насекомых больше, местность считали относительно экологически чистой и безопасной.

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

Результаты исследования. При проведении исследования было установлено, что на территориях интенсивного пчеловодства в Троицком районе на цветках медоносных растений (доннике, клевере, люцерне) активнее всего работают пчёлы (табл. 1).

Анализ полученных данных свидетельствует, что активнее всего пчёлы посещали медоносные растения в посёлке Скалистый (ПП2), и их чис-

1. Численность насекомых разных видов, работавших на цветках медоносных растений, шт. ($X \pm Sx$)

| Вид насекомых | Численность насекомых | |
|---------------|-----------------------|------------|
| | ПП1 | ПП2 |
| Пчела | 6,32±0,32 | 15,33±0,77 |
| Оса | 1,66±0,08 | 4,32±0,22 |
| Шмель | – | 3,07±0,15 |

ленность за 2 часа составила 15,33±0,77 шт. В посёлке Бобровка (ПП1) данный показатель был значительно ниже и составлял 6,32±0,32 шт. Мы объясняем это тем, что обилие данных насекомых может быть только в местности, относительно безопасной для жизни.

Анализируя посещаемость медоносных растений шмелями, следует констатировать их низкую численность. Так, посещаемость медоносных растений шмелями на ПП2 (п. Скалистый) составляла 3,07±0,15 шт. В посёлке Бобровка шмелей практически не было. Мы склонны считать, что непосредственная близость посёлка Бобровка к электростанции «Троицкая ГРЭС», расположенной по розе ветров, приводит к гибели полезных для пчеловодства насекомых и полному отсутствию численности шмелей в наблюдаемые сроки. Установленный факт можно расценивать как индикатор экологического неблагополучия.

Результаты проведённого исследования, характеризующие изменения средних показателей концентраций тяжёлых металлов в цепочке «почва – растение – тело пчелы – продукты пчеловодства», представлены в таблице 2.

Содержание тяжёлых металлов в почве было нестабильно. Но в целом можно утверждать, что чем ближе к источнику загрязнения, тем выше концентрация поллютантов в исследуемых пробах почв. Так, тяжёлыми металлами больше загрязнены почвы п. Бобровка, ближе всего расположенного к ОАО ОГК-2 «Троицкая ГРЭС», где концентрация свинца составляла 31,43±1,12 мг/кг, кадмия – 1,56±0,05 мг/кг и никеля 43,21±2,10 мг/кг. Содержание данных элементов в почве посёлка Скалистый (ПП2) было значительно меньше: свинца – в 5,12 раза; кадмия – в 31,2 раза; никеля – в 4,37 раза. Это говорит о том, что почвы п. Бобровка подвержены наибольшим техногенным воздействиям тепловой станции и отличаются высокой загрязнённостью тяжёлыми металлами.

По наличию тяжёлых металлов цветки медоносных растений ПП1 превосходили цветки медоносных ПП2. Концентрация свинца у медоносных растений, произраставших на территориях непосредственной близости к теплостанции (ПП1), была в 5,16 раза больше по сравнению с ПП2. Аналогичная закономерность нами выявлена в отношении кадмия и никеля, с увеличением их содержания в медоносных растениях ПП1 в 9,66 и 6,86 раза по сравнению с образцами ПП2.

При проведении анализа таблицы 2 установлено, что организм пчёл, обитающих на пасеках Бобровского поселения, активно накапливает свинец и никель. Достаточно высокое содержание этих элементов в организме пчёл можно объяснить высоким содержанием в среде их обитания. Тем не менее содержание тяжёлых металлов в теле пчелы по отношению к их количеству в растениях, с которых пчёлы собирали нектар и пыльцу, на первой почвенной площадке (ПП1) 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. На второй почвенной площадке (п. Скалистый) содержание свинца и кадмия в теле пчелы было на уровне его содержания в учтённых медоносных растениях, составившие для свинца 0,76±0,03 и 0,74±0,03, для кадмия – 0,04±0,002 и 0,03±0,001 соответственно. В свою очередь, содержание никеля в теле пчелы уменьшилось в 2,35 раза по сравнению с их содержанием в цветках медоносов. Таким образом, содержание тяжёлых металлов в теле пчёл по отношению к их количеству в растениях может быть меньшим или оставаться на уровне их содержания в медоносах.

Пчёлы от растений берут пыльцу и нектар, содержащие загрязняющие вещества. В процессе переработки нектара в мёд их количество уменьшается, что, вероятно, связано с проницаемостью стенок медового зобика пчел. Благодаря этому вместе с водой, адсорбируемой гемолимфой, из содержимого зобика через его стенки транспортируются тяжёлые металлы и остальные вещества. Частично они могут аккумулироваться в жировом теле и других структурах тела насекомых. Некоторое их количество удаляется экскреторными органами, а какая-то часть может переходить в продукты пчеловодства.

В исследуемых продуктах пчеловодства содержание химических элементов, тестируемое по кадмию, свинцу и никелю, колебалось в разных пределах. Установлено, что в пыльце, собранной пчёлами, находившимися в 10–15 км от источника загрязнения, содержание свинца и кадмия составляло в среднем 2,04±0,08 мг/кг и 0,23±0,01 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±0,008 мг/кг и 0,03±0,001 мг/кг, что в 12,75 и в 7,66 раза меньше. Аналогичная закономерность характерна и для прополиса. Установлено, что различия по содержанию свинца и кадмия в пробах прополиса были также глубокими, их содержание снизилось в 10 и 8 раз по сравнению ПП1 с ПП2.

Содержание свинца и кадмия, несмотря на относительно высокое содержание в почве, медоносных растениях и в теле пчелы, меньше всего аккумулируется в мёде и воске сотов. Это связано

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

| Объект исследования | Показатель | | | | | |
|----------------------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | свинец | | кадмий | | никель | |
| | ПП1 | ПП2 | ПП1 | ПП2 | ПП1 | ПП2 |
| Почва | 31,43±1,12 | 6,14±0,25 | 1,56±0,05 | 0,05±0,002 | 43,21±2,10 | 9,89±0,42 |
| Цветки медоносных растений | 3,82±0,18 | 0,74±0,03 | 0,29±0,01 | 0,03±0,001 | 5,01±0,23 | 0,73±0,03 |
| Тело пчелы | 3,57±0,17 | 0,76±0,03 | 0,22±0,01 | 0,04±0,002 | 3,37± 0,15 | 0,31±0,01 |
| Прополис | 2,71±0,13 | 0,27±0,01 | 0,08±0,003 | 0,01±0,00 | 2,82±0,03 | 0,25±0,01 |
| Воск | 1,28±0,05 | 0,05± 0,002 | 0,02±0,001 | 0,01±0,00 | 0,51±0,02 | 0,54±0,02 |
| Пыльца | 2,04± 0,08 | 0,16±0,008 | 0,23±0,01 | 0,03±0,001 | 1,41±0,06 | 0,11±0,005 |
| Мёд | 0,65±0,03 | 0,10±0,004 | 0,03±0,001 | 0,01±0,00 | 1,25±0,05 | 0,97±0,04 |

со специфичностью функционирования медовых зобиков, через стенки которых при переработке нектара в мёд адсорбируются тяжёлые металлы. Так, концентрация свинца в мёде и воске сотов на ПП1 составляла $0,65 \pm 0,03$ и $1,28 \pm 0,05$ мг/кг, а на ПП2 – $0,10 \pm 0,004$ и $0,05 \pm 0,002$ мг/кг соответственно, что в 6,5 и 25,6 раза меньше. Концентрация кадмия в мёде и воске сотов на ПП2 также уменьшилась в 3 и 2 раза соответственно по сравнению с ПП1.

Следует констатировать, что легче всего в продукты пчеловодства проникает никель. Так, наиболее высокое содержание никеля выявлено в прополисе ПП1 и составляло $2,82 \pm 0,13$ мг/кг, немного поменьше 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 составляла: в прополисе – $0,25 \pm 0,01$; в пыльце – $0,11 \pm 0,005$, в мёде – $0,97 \pm 0,04$; в воске сотов – $0,54 \pm 0,03$ мг/кг. Столь значительное накопление никеля в пчелопродуктах ПП1 можно объяснить не только его повышенным содержанием в почве исследуемого поселения, но и его химическими свойствами.

В результате проведённого исследования можно отметить, что на двух почвенных площадках концентрация изучаемых тяжёлых металлов в исследуемых образцах медоносных растений снижается по отношению к их содержанию в почве, в теле пчелы может быть меньшим или оставаться на уровне их содержания в медоносах, а в процессе переработки нектара в мёд содержание тяжёлых металлов в нём закономерно уменьшается.

Таким образом, на двух почвенных площадках количество загрязняющих веществ в почве и растительности обусловлено прежде всего состоянием окружающей среды в местах расположения пасек и является следствием ближнего и дальнего переноса антропогенных загрязнений. Проведённая эколого-хозяйственная оценка выбранных территорий подтверждает, что на второй почвенной площадке (п. Скалистый) антропогенное влияние на природу

минимальное, там сохраняются многочисленные виды насекомых, питающиеся нектаром и пыльцой, подтверждающие относительную экологическую безопасность. Непосредственная близость посёлка Бобровка к электростанции «Троицкая ГРЭС» отрицательно влияет на численность и биоразнообразие насекомых, а именно пчёл и шмелей. Ведь в природе на цветках насекомых данного вида тогда много, когда условия для размножения благоприятны, местность экологически безопасна.

Выводы. 1. Малочисленность шмелей и медоносных пчёл или полное их отсутствие на цветках может служить индикатором экологического неблагополучия территорий.

2. На двух почвенных площадках прослеживается миграция тяжёлых металлов в трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукты пчеловодства», где каждое последующее звено выступает в роли природного биофильтра.

3. Из всех изученных продуктов пчеловодства наиболее информативными индикаторами загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами являются прополис и пыльцевая обножка медоносных пчёл. Это обусловлено тем, что наибольшее количество тяжёлых металлов накапливается в продуктах, не проходящих через организм пчёл.

Литература

- Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение. Новосибирск, 1991. 151 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях Москва, 1989. 439 с.
- Кашковский В.Г., Плахова А.А. Эколого-хозяйственная оценка местности // Пчеловодство. 2014. № 9. С. 8–11.
- Таирова А.Р., Шарифьянова В.Р., Ахметзянова Ф.К. Геохимическая оценка почв лесостепной зоны Южного Урала // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. Т. 214. С. 412–416.
- Загрязнение продуктов пчеловодства тяжёлыми металлами [Электронный ресурс] // сайт 2017. URL: <http://www.ecologytarget.ru/tarecs-582-1.html> (дата обращения: 19.02.2017).
- 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.