

---

## AUXILIARY DISCIPLINES

---

DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2022.2.22.04>

Sychev K.V.<sup>1\*</sup>, Nizamov R.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup> Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

\* Corresponding author (KVS14[at]yandex.ru)

Received: 20.05.2022; Accepted: 02.06.2022; Published: 20.06.2022

### ACCUMULATION AND REDISTRIBUTION OF CADMIUM IN HONEYBEES AND APIARY PRODUCTS IN DIFFERENT AREAS OF THE TATARSTAN REPUBLIC

Research article

#### Abstract

The purpose of these studies was the study of distribution and accumulation degree nature of cadmium (Cd<sup>+</sup>) in the bodies of bees and in apiproducs collected in the areas of the Republic of Tatarstan with varying degrees of anthropogenic and technogenic impact. The results of the conducted apimonitoring in the areas of intensive technogenesis (oil production and refining) of the Republic of Tatarstan showed a significant difference of contamination levels, the nature of cadmium distribution in bees and the apiproducs produced by them. According to Af of radionuclides in the links of the biological chain "soil-pollen", "pollen-bee", "bee-honey" and "bee-perga", the regions were grouped into five groups

**Keywords:** *Apis mellifera L.*, heavy metals, apimonitoring, the links of the biological chain, accumulation factor, cadmium.

Сычев К.В.<sup>1\*</sup>, Низамов Р.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup> Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

\* Корреспондирующий автор (KVS14[at]yandex.ru)

Получена: 20.05.2022; Доработана: 02.06.2022; Опубликована: 20.06.2022

### НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАДМИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПЧЕЛ И ПРОДУКТАХ ПЧЕЛОВОДСТВА В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Научная статья

#### Аннотация

Данные исследования посвящены изучению характера распределения и степени кумуляции кадмия (Cd<sup>+</sup>) в организме пчел и продуктах пчеловодства, полученных на территории районов Республики Татарстан с различной степенью антропогенно-техногенного воздействия. Результаты проведенного апимониторинга в районах интенсивного техногенеза (нефтедобыча и нефтепереработка) Республики Татарстан показали существенную разницу уровней контаминации, характера распределения Cd<sup>+</sup> в организме пчел и вырабатываемых ими апипродуктах. Установлено, что распределение Cd<sup>+</sup> имеет неравномерный характер. По Cd<sup>+</sup> в звеньях биологической цепи «почва-пыльца», «пыльца-пчела», «пчела-мед» и «пчела-перга» районы сгруппировали по группам, согласно коэффициенту накопления.

**Ключевые слова:** *Apis mellifera L.*, тяжелые металлы, апимониторинг, звенья биологической цепи, коэффициент накопления, кадмий.

#### 1. Введение

Антропогенное воздействие различных уровней сильно ухудшило состояние окружающей среды, что в свою очередь потребовало усилить контроль над уровнем загрязнения. Один из перспективных методов - использование биоиндикаторов состояния окружающей среды.

Для успешного решения задач биологического мониторинга наземных экосистем выбранная методика биоиндикации должна быть экономичной, а также обеспечивать охват больших территорий. Одним из быстро развивающихся направлений биомониторинга является мониторинг с помощью пчел - апиомониторинг [1].

Основными и наиболее опасными химическими загрязнителями почв крупных населенных пунктов являются тяжелые металлы. Проникая в почву, они начинают мигрировать по пищевым цепям, а также напрямую воздействовать на человека [2], [3].

Кадмий относится к рассеянным элементам: он преобладает в почве, морской воде и в воздухе (особенно в городах). В естественной среде кадмий, как правило, встречается в виде кадмиевых и цинковых минералов.

Несмотря на то, что кадмий в микроколичествах присутствует во всех живых организмах и участвует в их обмене веществ, его пары и пары его соединений крайне ядовиты. Кадмий обладает способностью накапливаться в организме человека, в растениях, грибах [6].

Кроме этого, соединения кадмия являются канцерогенами. Кадмий считается одним из самых опасных тяжелых металлов, он отнесен к веществам 2-го класса опасности, так же как ртуть и мышьяк. Он отрицательно влияет на ферментную, гормональную, кровеносную и центральную нервную систему, нарушает фосфорно-кальциевый обмен, разрушает кости [10].

С учетом разноречивости литературных данных о значительных колебаниях в концентрации кадмия в апипродуктах в зависимости от района, геохимических, промышленных, климатических и агрохимических особенностей, нами проведены настоящие исследования, целью которых являлось изучение накопления и распределения ( $Cd^{+}$ ) в почве, организме пчёл и апипродуктах, собранных в различных районах Республики Татарстан [5].

## 2. Методы

В качестве объекта исследования использовали 195 образцов почвы и 288 проб апипродуктов (меда (85), пыльцы (69), перги (71) и пчел(63)), отобранных в пасечных зонах на территории 8 районов Республики Татарстан с наиболее высокой техногенной нагрузкой: Альметьевского, Азнакаевского, Бугульминского, Заинского, Лениногорского, Новошешминского, Черемшанского, Чистопольского. Забор проб на содержание ТМ в пыльце (обножке) производился на 21 пасеке в течение 5 лет 3-х-кратно. (май, июль-август).

Исследование полученных образцов проводили в несколько этапов. На первом этапе проводили пробоподготовку. Для этого отбор проб почвы осуществляли в соответствии с требованиями к отбору проб почв при общих и локальных загрязнениях, изложенных в МУ 2.1.7.730–99 «Гигиеническая оценка качества почвы пасечных мест» и в ГОСТ 17.4.3.01-83 (СТСЭВ 3847–82) «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». Навески каждой пробы почвы готовили по 0,5 г, которая помещалась в тефлоновый стаканчик, добавлялось 10 мл концентрированной азотной кислоты. Готовую реакционную смесь помещали в микроволновую печь-минерализатор MARS 5. На следующем этапе осуществляли разложение проб в минерализаторе. Герметично закрытые стаканчики с реакционной смесью помещали в микроволновую печь-минерализатор MARS 5. Разложение проб в печи происходило при температуре 165°C, мощности 400 Вт, давлении 35000 кПа (350 бар) в течение 2 мин. По завершении программы разложения и охлаждения, полученный раствор фильтровали через фильтр «Синяя лента», в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>. Затем дистиллированной водой доводили раствор до метки. Коэффициент разбавления образцов проб почвы составлял 5. Параллельно готовили контрольный раствор с использованием тех же реактивов, что и для подготовки анализируемой пробы.

На втором этапе работы определяли содержание кадмия в исследуемых пробах методом масс-спектрометрии с использованием индуктивно связанной плазмы (ICP-MS). Для этого два анализируемых (параллельно определяемых) и контрольный (холостой) раствор помещали в загрузочное устройство прибора и измеряли 3 раза выходной сигнал. Затем проводили обработку результатов с использованием методов вариационной статистики [8].

Сбор цветочной пыльцы в исследуемых районах осуществляли с помощью навесного пылеуловителя. При сборе пыльцы учитывали критерии ГОСТ 28887–90 «Пыльца цветочная (обножка)» и СанПиН 2.3.2. 1078 -01. Для пробоподготовки готовили навески цветочной пыльцы по 0.5 г. Каждую навеску помещали во фторопластовые цилиндры (PTFE, Viton™, Teflon™, PFA), добавляли 10 мл концентрированной азотной кислоты. Готовую реакционную смесь помещали в микроволновую печь-минерализатор MARS 5. На следующем этапе осуществляли разложение проб в минерализаторе, помещая герметично закрытые стаканчики с реакционной смесью в микроволновую печь-минерализатор MARS 5. Разложение проб в печи происходило при температуре 165°C, мощности 400 Вт, давлении 35000 кПа (350 бар) в течение 2 мин. По завершении программы разложения и охлаждения, полученный раствор фильтровали через фильтр «Синяя лента», в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>. Затем дистиллированной водой доводили раствор до метки. Коэффициент разбавления образцов проб пыльцы составлял 25 ( $K=25$ ). Дальнейшие исследования по определению тяжелых металлов в пробах пыльцы проводили также, как и в пробах почвы [4].

Для исследования содержания кадмия в пчелах, навески трупов пчел по 0.5 г., помещали во фторопластовые цилиндры (PTFE, Viton™, Teflon™, PFA), добавляли 10 мл концентрированной азотной кислоты. Готовую реакционную смесь помещали в микроволновую печь-минерализатор MARS 5. Дальнейшие исследования по разложению проб, определению концентраций кадмия и обработке полученных результатов проводили также, как и в пробах почвы и пыльцы. По аналогичной методике проводили определение кадмия в перге и меде.

Используя данные о концентрации кадмия в испытуемых пробах, рассчитывали коэффициент накопления ( $K_n$ ) из почвы в организм пчел и продукты пчеловодства по формуле:

$$K_n = C1/C \quad (1)$$

где  $C_1$  и  $C$  соответственно концентрации тяжелого металла в звене-акцепторе и звене-доноре [7], [9]. Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента.

### 3. Результаты

Результаты накопления и распределения ( $Cd^+$ ) в почве, организме пчел и апипродуктах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Накопление и распределение кадмия в почве, организме пчел и апипродуктах, собранных в различных районах Республики Татарстан

Район	Концентрация тяжелых металлов (мг/кг)				
	Почва	Мед	Перга	Пыльца	Подмор пчел
Альметьевский	1,09	0,04	0,31	0,39	1,83
Бугульминский	0,91	0,09	0,27	0,38	1,61
Азнакаевский	0,89	0,015	0,29	0,36	1,81
Лениногорский	1,29	0,025	0,26	0,35	1,53
Новошешминский	0,69	0,009	0,09	0,35	0,93
Черемшанский	0,81	0,023	0,15	0,31	0,45
Чистопольский	0,79	0,013	0,07	0,08	0,49
Заинский	1,09	0,021	0,17	0,36	1,59

Из представленных в таблице 1 материалов видно, что изученные объекты (почва, пыльца растений, пчелы, мед и перга) контаминированы кадмием весьма неравномерно. Наиболее контаминированная кадмием почва была получена из Лениногорского района республики, наименее загрязненный почвенный слой относится к Новошешминскому району. По меду наиболее загрязненный - Бугульминский район, наименее - Новошешминский район. По перге и пыльце максимальная концентрация кадмия зафиксирована в Альметьевском районе, минимальная в Чистопольском. Подмор пчел, наиболее загрязненный также в Альметьевском районе, наименее загрязненный в Черемшанском районе. Результаты неравномерного распределения в целом повторяют картину наших предыдущих исследований относительно ( $Fe^+$ ) и радионуклидов  $St^{90}$  и  $Cs^{137}$  [9].

#### Накопление кадмия в звеньях биологической цепи

Результаты расчёта  $K_n$  кадмия в звене биологической цепи (ЗБЦ) почва-пыльца, пыльца-пчела, пчела-мед, пчела-перга (Таблица 2) дают возможность отнести районы по степени аккумуляции в апипродуктах к одной из групп согласно принятой методики [9]. Слабое накопление ( $K_n=1-10$ ), отсутствие аккумуляции ( $K_n=0.1-1.0$ ), слабая дискриминация ( $K_n=0.01-0.1$ ), сильная дискриминация ( $K_n<0.01$ ) и полное отсутствие аккумуляции ( $K_n=0$ )

Таблица 2 – Коэффициенты накопления кадмия из почвы в апипродукты и организм пчел, обитающих в разных районах Республики Татарстан

Район	Звено биологической цепи			
	Почва-пыльца	Пыльца-пчела	Пчела-мед	Пчела-перга
Альметьевский	0,36	0,21	0,02	0,16
Бугульминский	0,41	0,23	0,006	0,16
Азнакаевский	0,4	5,02	0,01	0,16
Лениногорский	0,27	4,37	0,01	0,16
Новошешминский	0,32	0,85	0,02	0,08
Черемшанский	0,38	3	0,04	0,33
Чистопольский	0,1	6,12	0,04	0,14
Заинский	0,05	4,41	0,006	0,18

В ЗБЦ, Пыльца-пчела,  $K_n$  – слабое накопление – присутствует в Чистопольском, Заинском и Азнакаевском районах. ЗБЦ Почва-пыльца, Пчела-мед, Пчела-перга в остальных исследуемых районах показывают отсутствие аккумуляции и слабую дискриминацию.

Обнаружение различия степени аккумуляции кадмия в изученных апипродуктах объясняется комплексом факторов, способствующих усилению или дискриминации накопления тяжелого металла в том или ином объекте, физико-химических свойств тяжелых металлов, агрохимической характеристики почвы, биологической особенностью акцептора.

### 4. Выводы

Результаты проведенного апимониторинга в районах интенсивного техногенеза в Республике Татарстан показали существенную разницу уровней контаминации и характера распределения кадмия в организме пчел и продуктов, вырабатываемых насекомыми. Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Распределение кадмия в организме пчёл и апипродуктах носила неравномерный характер. Наиболее высокая концентрация наблюдалась в районах с высоким техногенезом.

2. Результаты проведенных расчетов по определению величины антропогенной нагрузки на исследованные апипродукты в звеньях биологической цепи «почва-пыльца», «пыльца-пчела», «пчела-мед» и «пчела-перга» позволили сгруппировать их по степени аккумуляции кадмия на 3 группы: слабое накопление ( $K_n=1-10$ ), отсутствие аккумуляции ( $K_n=0.1-1.0$ ), слабая дискриминация ( $K_n=0.01-0.1$ ).

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### References

1. Билалов Ф.С. Апимониторинг в системе контроля загрязнения окружающей среды / Ф.С. Билалов, Л.А. Скребнева, В.З. Латыпова и др. – Казань: Изд. КГУ, 2010, – 264 с.
2. Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы / Е.К. Еськов. – Рязань: Русское слово, 1995. – 392 с.
3. Ефремова З.А. Трофические связи шмелей с покрытосеменными растениями как отражение их совместной эволюции / З.А. Ефремова // Экология опыления цветковых растений. – Пермь, 1987. – С. 122–129.
4. Орлов Б.Н. Цветочная пыльца-обножка-перга / Б.Н. Орлов, В.Г. Егоршин. – Нижний Новгород: Изд. Ю. Николаев, 2009. – 174 с.
5. Bilalov F Seasonal variation in heavy-metal accumulation in honeybees as an indicator of environmental pollution / F. Bilalov, L. Skrebneva, O. Nikitin et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015 – 6(4) – pp. 215-221.
6. Bianu E. Honeybees – bioindicators in a heavy metal polluted area / E. Bianu., D. Nica / Second European conf. of Apidology Prague 10-14th September 2006. – Praque. – P.85.
7. Bogdanov S. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects / S. Bogdanov, M. Haldimann, W. Luginbuhl et al. // Journal of Apicultural Research and Bee World. – 2007. – 46(4). – pp. 269 – 275
8. Chiron S. Application of on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography-thermospray mass spectrometry to the determination of pesticides in environmental waters / S Chiron., S. Dupas, P. Scribe et al. // J. Chromatogr. A. – 1994. – V. 665. – № 2. – pp. 295 – 305.
9. Galiullina A.V. Accumulation and redistribution of radionuclides in honeybees and apiary products in the Republic of Tatarstan, Russia / A.V. Galiullina, R.N. Nizamov, K.N. Vagin et al. // Astra Salvensis. – 2017. – Suppl. 2/2017. – pp. 581-590.
10. Golovanova A.M. A composite therapeutic preparation for radioisotope elimination: theoretical presuppositions / A.M. Golovanova, R.N. Nizamov, K.V. Sychev et al. // International Journal of Pharmacy & Technology. – 2016. – V. 8 (4). – pp. 24558–24564.

#### References in English

1. Bilalov F.S. Apimonitoring v sisteme kontrolya zagryaznenii okrugayushei sredi [Apimonitoring in the environmental pollution control system] / Bilalov F.S., Skrebneva L.A., Latipova V.Z. et al. // – Kazan, Publ. house KGU 2010 – 264 p [in Russian].
2. Eskov E.K. Ekologiya medonosnoy pcheli [Ecology of the honeybee] / E.K. Eskov. –Ryazan: Russkoe Slovo, 1995.– 392 p. [in Russian]
3. Efremova Z.A. Troficheskiye svyazi shmeley s pokritosemennimi rasteniyami kak otrazhenie ih sovместnoy evolyucii [Trophic relations of bumblebees with angiosperms as a reflection of their joint evolution] /Z.A. Efremova/ Ekologiya opileniya cvetkovih rasteniy [Ecology of pollination of flowering plants]. – Perm, 1987. – pp. 122-129 [in Russian]
4. Orlov B.N. Cvetoch'naya pyl'tsa-obnozhka-perga [Flower pollen-obnozhka-perga] / B.N. Orlov, V.G. Egorshin. – Nizhniy Novgorod: Publ. house. Y. Nikolayev, 2009. – 174 p. [in Russian]
5. Bilalov F Seasonal variation in heavy-metal accumulation in honeybees as an indicator of environmental pollution / F. Bilalov, L. Skrebneva, O. Nikitin et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015 – 6(4) – pp. 215-221.
6. Bianu E. Honeybees – bioindicators in a heavy metal polluted area / E. Bianu., D. Nica / Second European conf. of Apidology Prague 10-14th September 2006. – Praque. – P.85.
7. Bogdanov S. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects / S. Bogdanov, M. Haldimann, W. Luginbuhl et al. // Journal of Apicultural Research and Bee World. – 2007. – 46(4). – pp. 269 – 275
8. Chiron S. Application of on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography-thermospray mass spectrometry to the determination of pesticides in environmental waters / S Chiron., S. Dupas, P. Scribe et al. // J. Chromatogr. A. – 1994. – V. 665. – № 2. – pp. 295 – 305.
9. Galiullina A.V. Accumulation and redistribution of radionuclides in honeybees and apiary products in the Republic of Tatarstan, Russia / A.V. Galiullina, R.N. Nizamov, K.N. Vagin et al. // Astra Salvensis. – 2017. – Suppl. 2/2017. – pp. 581-590.
10. Golovanova A.M. A composite therapeutic preparation for radioisotope elimination: theoretical presuppositions / A.M. Golovanova, R.N. Nizamov, K.V. Sychev et al. // International Journal of Pharmacy & Technology. – 2016. – V. 8 (4). – pp. 24558–24564.