го государственного аграрного университета. – 2017. – С. 242–245.

5. Соловьева С. А. Разработка функционального продукта на основе рыбного сырья с использованием молочного компонента / С. А. Соловьева, И. Н. Игонина, А. С. Куприй // Агробиотехнология-2021: сборник статей международной научной конференции. – Москва, 2021. – С. 1137–1141.

6. Янковская В. С. Научная концепция моделирования и прогнозирования показателей безопасности и качества пищевых продуктов / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко // Молочная промышленность, 2020. – № 11. – С. 38–39.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-103
УДК 638.178:546.4/.8

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОПОЛИСЕ, ВОДНЫХ ЭКСТРАКТАХ ПРОПОЛИСА

Вахонина Елена Александровна, канд. с.-х. наук
ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», г. Рыбное, Российская Федерация

Определены концентрации трех токсичных металлов (Cr, Cd, Pb) в образцах нативного прополиса и водных экстрактов прополиса, приготовленных разными способами. Содержание этих загрязняющих веществ в экстрактах прополиса было оценено методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Для всех проанализированных металлов наблюдалось значительное снижение их концентрации при переходе этих металлов в водные экстракты прополиса, что делает продукт безопасным для потребления.

Ключевые слова: прополис; экстракты прополиса; тяжелые металлы

STUDY OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN PROPOLIS AND AQUEOUS EXTRACTS OF PROPOLIS

Vakhonina Elena Aleksandrovna, PhD Agr. Sci.
Federal Scientific Center of Beekeeping,
Rybnoye, Russian Federation

The concentrations of three toxic metals (Cr, Cd, and Pb) were determined in samples of native propolis and aqueous propolis extracts prepared using different methods. The content of these contaminants in the propolis extracts was assessed using atomic absorption spectrophotometry. A significant decrease in the concentration of all analyzed metals was observed upon their transfer to aqueous propolis extracts, making the product safe for consumption.

Keywords: propolis; propolis extracts; heavy metals

Превышение нормы концентрации свинца в атмосфере и воде может представлять серьёзную угрозу для здоровья. Атмосфера загрязняется свинцом в результате перераспределения его количества во внешней среде. Увеличение процента концентрации свинца в растениях объясняется не поглощением его из почвы, а абсорбцией из воздуха.

Наиболее загрязнены тяжелыми металлами такие продукты пчеловодства, как пыльца, прополис, перга [3]. При производстве лекарственных и косметических средств сырье прополис должно соответствовать действующей нормативной документации (СанПиН 2.3.2. 1078-01; ТР ТС 021/2011), но в части сырья уровень загрязнения превышает допустимые нормативы [2].

Исследования, проведенные в НИИ пчеловодства в 2001–2010 гг., показали, что наиболее загрязненными тяжелыми металлами продуктами пчеловодства являются прополис и пыльца [6].

В исследованиях Мурашовой Е. А. установлено, что наиболее загрязненным тяжелыми металлами продуктом является прополис, пыльца, перга, а наиболее экологически чистым – мед. Исследования проводились методом атомно-адсорбционной спектрометрии [4]. В исследованиях Еськова Е. К. представлено влияние загрязненности пасечных угодий тяжелыми металлами и токсичными элементами на тела пчел и продукцию пчеловодства [1]. В работе Пастуховой М. А. изучены методы апимониторинга (содержание токсичных элементов в продуктах пчеловодства). Токсичные элементы определяли в образцах пчелиного подмора, меде, цветочной пыльце, прополисе. Наиболее информативными индикаторами загрязнения являются цветочная пыльца и нативный прополис [5]. Фаткуллин Р. Р. и соавторы провели исследование на территории Южного Урала (лесостепная зона) пищевой цепи «почва-растение-подмор пчел-продукты пчеловодства» по оценке уровня загрязненности токсичными элементами [9].

Для активного использования в качестве сырья прополиса для производства БАД к пище, косметических, лекарственных препаратов, необходимо проведение оценки экологической чистоты и безопасности прополиса.

Изучению токсичных элементов, входящих в перечень обязательных показателей, контролируемых в продуктах пчеловодства, является актуальной и своевременной. Активное использование прополиса в качестве сырья для производства лекарственных, косметических препаратов и БАД к пище ведет к необходимости проведения оценки экологической чистоты и безопасности прополиса [10].

Методика исследований. Исследования прополиса и экстрактов на его основе проводились в лаборатории «ФНЦ пчеловодства» в 2020–2024 гг.

Образцы прополиса для приготовления экстрактов были получены с пасек Рязанской области, Кадомского, сасовского, Сараевского, Рыбновского и Ряжского районов.

Подготовка прополиса. Прополис предварительно охлаждали в морозильной камере при t = –6 ± 2 °С в течение 60 минут, после замораживания измельчали на лабораторной мельнице до состояния порошка с размером частиц 1-3 мм. Порошок прополиса просеивали через сито.

Получение водных экстрактов прополиса. Прополис охлаждали в морозильной камере при t = –6 ± 2 °С в течение 60 минут и измельчали на лабораторной мельнице, до порошка с размером частиц 1-3 мм. Порошок прополиса просеивали через сито.

Водный прополис экстрагировали четырьмя способами:

Способ 1. Экстракцию проводили на магнитной мешалке, 5 часов, при t = 20 °± 2 °С. Порошок прополиса и вода, 1 : 10 по массе.

Способ 2. Экстракцию проводили на водяной бане с обратным холодильником, 5 часов, при t = 93 ± 2 °С. Порошок прополиса и вода, 1 : 10 по массе.

Способ 3. Экстракцию ультразвуком проводили в режиме кавитации, 60 минут непрерывно. Затем экстракцию проводили на магнитной мешалке, 5 часов, при t = 20 °± 2 °С. Порошок прополиса и вода, 1 : 10 по массе.

Способ 4. Экстракцию ультразвуком проводили в режиме кавитации, 60 минут непрерывно. Затем экстракцию проводили на водяной бане с обратным холодильником, 5 часов, при t = 93 ± 2 °С. Порошок прополиса и вода, 1 : 10 по массе.

Метод экстракции с использованием обратного холодильника: экстракция твердого тела в жидкость, который сохраняет растворитель путем повторения испарения и конденсации растворителя при заданной температуре в течение заданного периода времени.

Ультразвуковую экстракцию прополиса проводили на ультразвуковой установке HD 2070, GmbH & Co, Германия. Технические параметры: ультразвуковая частота 20 кГц ± 500 Гц; ультразвуковой режим работы импульсный; температура экстракции t = 20 ± 2 °С. 10 г прополиса переносили в колбу объемом 200 см^3 добавляли 100 см^3 экстрагента воды и подвергали ультразвуковой обработке, опуская в стакан источник ультразвука, при частоте 20 кГц и максимальной мощности 100 Вт. Амплитуда ультразвука 100%, температуре 20 °С и время обработки ультразвуком 60 мин.

Принцип метода экстракции. Ультразвук состоит из высокоинтенсивных низкочастотных звуковых волн. Таким образом, он влияет на физические, биохимические и механические свойства, что вызывает акустическую кавитацию с образованием, ростом и схлопыванием пузырьков. Этот метод является экологически чистым, имеет лучшие выходы экстракции, сокращает время процесса, является высоко-

селективным, не использует высокие температуры и может применяться в сочетании с другими методами, такими как экстракция с использованием сверхкритических жидкостей. Ультразвуковая обработка генерирует акустическую кавитацию в жидкой среде случайным образом и постоянно, высвобождая большое количество энергии посредством турбулентности и массопереноса, резко разрушает пузырьки и оказывает давление на прополис, способствуя взаимодействию с растворителем. Ультразвук высокой интенсивности может также вызывать образование различных свободных радикалов, которые могут реагировать с полифенолами (например, кверцетином), что приводит к многочисленным нежелательным реакциям, таким как окисление, присоединение, полимеризация и разложение. Важно оптимизировать условия ультразвука во время экстракции полифенолов.

Количество элементов определялось спектрофотометрическим методом на атомно-абсорбционном спектрофотометре Spectr AA 220FS. Содержание свинца, кадмия и стронция определялось с помощью воздушно-ацетиленового пламени на газовом атомизаторе. Содержание мышьяка определялось на графитовой печи спектрофотометра с использованием палладиевого модификатора фирмы «Мерск».

Исследования проводили в трехкратной повторности. Обработку экспериментальных данных осуществляли в программе Microsoft Excel. Результаты представлены в виде среднего значения со стандартным отклонением и дисперсии. При статистической обработке данных использовали параметрический t-критерий Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 1 приведены значения содержания токсичных элементов в исходном прополисе, который использовали для приготовления спиртовых экстрактов.

Таблица 1 – Содержание токсичных элементов в прополисе исходном, n= 17

Показатели	Тяжелые металлы, токсичные элементы, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
M ± m	4,87±0,92	0,059±0,02	0,19±0,12
Пределы колебаний	011,98	0-0,2	0-1,54
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	3,81	0,08	0,49
Норма по ГОСТ 28886-19	1,0	1,0	–

Исследования показали, что прополис заготовленный для приготовления спиртовых экстрактов содержал токсичные элементы (свинец, кадмий, хром). Значения данных элементов не превышало предельно допустимые концентрации, предусмотренные [7, 8].

Выход экстрактивных веществ (массовая доля сухих веществ) определяли методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 28886-19. Метод основан на высушивании навески водного экстракта прополиса до постоянной массы при определенной температуре и расчете потери массы после высушивания по отношению к массе навески до высушивания.

Количество сухих веществ в водном экстракте прополиса, приготовленном при t=20 °С составляет 0,26±0,02 %, при t=93 °С составляет 0,59±0,04 % (таблица 2). Количество сухих веществ в водных экстрактах прополиса, приготовленных с применением обработкой ультразвуком при t=20 °С, (ультразвук) составляет 0,28±0,09, при t=93 °С (ультразвук) составляет 0,49±0,05 % (таблица 3).

Определено, что в водный экстракт прополиса, приготовленный при t=20°С переходит 1,23 % свинца из исходного прополиса, приготовленного при t= 93°С переходит 2,05 %. В водные экстракты прополиса, приготовленные с применением ультразвука при t=20°С переходит 0,37 % свинца из исходного прополиса, и при t= 93°С переходит 0,82 % свинца (рисунок).

Таблица 2 – Содержание токсичных элементов в водном экстракте прополиса, n=21

Показатели	Тяжелые металлы, токсичные элементы, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Водный раствор прополиса, t= 20оС			
M ± m	0,06±0,01	0,0005±0	0,0009
Пределы колебаний	0-0,15	0-0,0005	0-0,0009
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	0,05	0	0
Водный раствор прополиса, t= 93оС			
M ± m	0,1±0,02	0,002±0,0009	0
Пределы колебаний	0-0,29	0-0,005	0
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	0,07	0,002	0
Норма по ГОСТ 28886-19	1,0	1,0	–

Кадмий и хром обнаружены в одном образце из n=21 шт.

Таблица 3 – Содержание токсичных элементов в водном экстракте прополиса, ультразвук, n=21

Показатели	Тяжелые металлы, токсичные элементы, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Водный раствор прополиса, t= 20°С, ультразвук			
M ± m	0,018±0,01	0	0
Пределы колебаний	0,005-0,06	0	0
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	0,02	0	0
водный раствор прополиса, t= 93°С, ультразвук			
M ± m	0,04±0,007	0,0012±0,001	0
Пределы колебаний	0,013-0,066	0-0,005	0
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	0,02	0,002	0
Норма по ГОСТ 28886-19	1,0	1,0	-

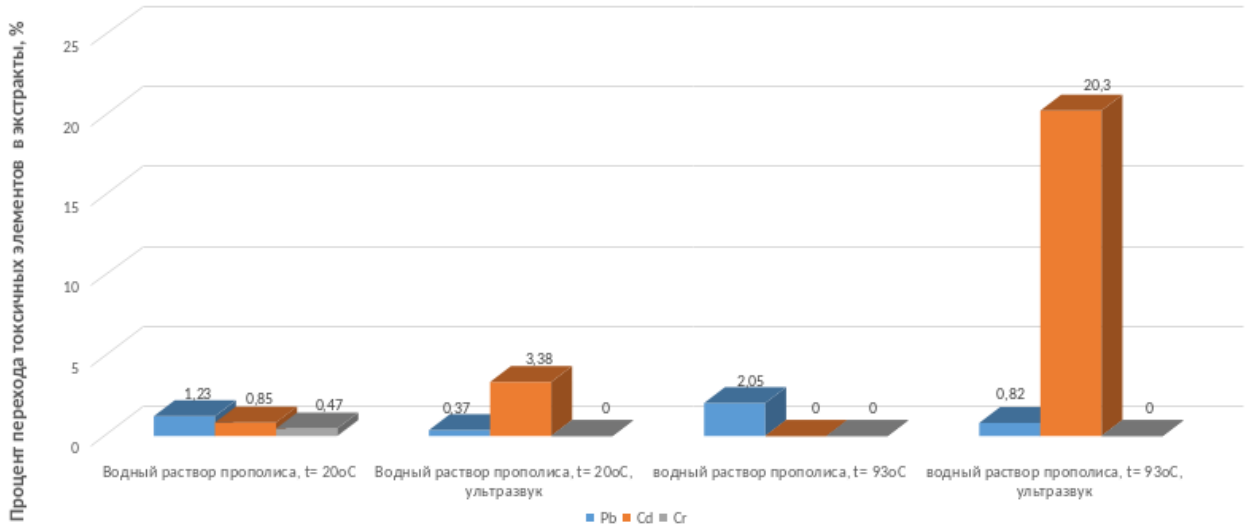

Рисунок – Процент перехода свинца, кадмия и хрома в водные экстракты прополиса

Кадмий в водном экстракте прополиса, приготовленном при t=20°С с применением ультразвука не обнаружен, в водных экстрактах прополиса, приготовленных при t=20°С и при t= 93°С без применения ультразвука процент перехода из исходного прополиса составил 0,85 % и 3,39 % соответственно. Процент перехода в водный экстракт, приготовленный при t= 93°С с применением ультразвук составил 2,03 %. Хром не обнаружен в водных экстрактах прополиса, приготовленных при t=20 °С и t= 93 °С с применением ультразвука и при t= 93 °С без использования ультразвука. В водных экстрактах прополиса, приготовленных при t=20 °С без применения ультразвука содержание хрома составило 0,47 % от содержания в исходном прополисе.

Выводы. Оценка токсичности прополиса и экстрактов прополиса при помощи атомно-адсорбционного спектрофотометра помогла выявить содержание токсичных элементов в образцах прополиса Рязанской области, водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами.

Ультразвуковая обработка повышает процент перехода кадмия из исходного материала в водные экстракты прополиса.

Среднее содержание свинца в прополисе Рязанской области составляет 4,87±0,92 мг/кг. Превышение предельно допустимой концентрации свинца в нативном прополисе составило от 0 до 11,9 раза. В действующей нормативной документации (СанПиН 2.3.2. 1078-01; ТР ТС 021/2011) содержание свинца в прополисе нормируется 1,0 мг/кг.

Водные экстракты прополиса, приготовленные разными способами: при t= 20°С (1) без ультразвука и t= 20°С с применением ультразвука (2), при t= 93°С без ультразвука (3) и при t= 93°С с применением ультразвука (4). Содержание свинца составило 0,06 мг/кг, 0,018 мг/кг (1 и 2 способ); 0,1 мг/кг и 0,04 мг/кг (3 и 4 способ). Процент перехода от 0,37 до 2,05 %.

Хром в водных экстрактах прополиса не обнаружен. Содержание кадмия в водном экстракте прополиса, приготовленном при t= 20°С составило 0,0005 мг/кг, в экстракте прополиса, приготовленном при t= 20°С с применением ультразвука не обнаружен. Содержание кадмия в водных экстрактах прополиса, приготовленных при t= 93°С и при t= 93°С с применением ультразвука составило 0,002 мг/кг и 0,012 мг/кг.

Необходимо совершенствовать технологию приготовления экстрактов прополиса для уменьшения количества токсичных элементов в них.

Экстракты прополиса применяются в небольших количествах, несколько миллилитров в день, потенциально токсичные элементы поступают в организм в количестве нанограммов, что делает прием экстрактов прополиса безопасным.

Наличие токсичных тяжелых металлов делает необходимым проверку качества продуктов пчеловодства перед их использованием в качестве пищевых добавок. Учитывая, что продукты пчеловодства весьма неоднородны и в зависимости от факторов окружающей среды различаются по содержанию элементов, необходимо разработать стандарты, регулирующие допустимые уровни неорганических загрязняющих веществ.

Список литературы

1. Еськов Е. К. Перенос тяжелых металлов из почвы через медоносные растения в тело пчел и продукты пчеловодства / Е. К. Еськов, М. Д. Еськова // Пчеловодство. – 2019. – № 5. – С. 10–12.

2. Кайгородов Р. В. Динамика минерального состава прополиса в процессе его промышленной переработки / Р. В. Кайгородов, И. Н. Карташова // Вестник Пермского университета. Биология. – 2016. – № 2. – С. 102–109.

3. Лебедев В. И. Научно-обоснованный регламент производства продуктов пчеловодства / В. И. Лебедев, М. Н. Харитонова // Пчеловодство. – 2017. – № 2. – С. 46–50.

4. Мурашова Е. А. Основные факторы, определяющие накопление ядовитых элементов пчелами и продуктами пчеловодства / Е. А. Мурашова [и др.] // International Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – № 3. – С. 1–14.

5. Пастухова М. А. Особенности накопления тяжелых металлов в системе почва-растение-пчела-продукты пчеловодства / М. А. Пастухова [и др.] // Природопользование. – 2016. – № 30. – С. 70–75.

6. Русакова Т. М. Миграция токсичных элементов в продуктах пчеловодства / Т. М. Русакова, Л. А. Бурмистрова, В. М. Мартынова // Пчеловодство. – 2014. – № 6. – С. 14–15.

7. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

8. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – URL: https://docs.eaeunion.org/ (дата обращения: 09.04.2026).

9. Фаткуллин Р. Р. Оценка загрязнённости трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукция пчеловодства» тяжёлыми металлами в условиях лесостепной зоны Южного Урала / Р. Р. Фаткуллин, Ю. А. Гизатулина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 251–253.

10. Харитонова М. Н. Исследование содержания токсичных элементов в продуктах пчеловодства и телах пчел / М. Н. Харитонова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2015. – № 3 (27). – С. 47–50.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-104
УДК 638.162.3:581.33

ПЫЛЬЦЕВОЙ АНАЛИЗ МЕДА

Грибановская Елена Витальевна, канд. с-х наук
Дюкова Вера Сергеевна
ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» г. Рыбное, Российская Федерация

Пыльцевой анализ в сочетании с другими методами – один из самых объективных методов экспертизы качества меда, позволяющий сделать заключение о географическом и ботаническом происхождении меда, выявить возможную фальсификацию.

Ключевые слова: мелиссопалинология; пыльцевые зерна; методика пыльцевого анализа

POLLEN ANALYSIS OF HONEY

Gribanovskaya Elena Vitalievna, PhD Agr. Sci.
Dyukova Vera Sergeevna
Federal Scientific Centre of Beekeeping, Rybnoye, Russian Federation

Pollen analysis, in combination with other methods, is one of the most objective methods of honey quality assessment, allowing to draw a conclusion about the geographical and botanical origin of honey, to identify possible falsification.

Keywords: Melissopalinology; pollen grains; pollen analysis technique

Цветочная пыльца – постоянная примесь в меде, являющаяся источником витаминов, минералов и белковых веществ. Ее наличие в меде служит показателем его натуральности.

Анализ морфологии пыльцевых зерен и цветовой характеристики обножек (пыльцевых комочков) позволяет с высокой точностью идентифицировать ботаническое происхождение пыльцы. Так, обножки с одуванчика имеют ярко-желтую окраску, с белого клевера – коричневую, с липы – нежно-зеленую, со спаржи – красную, с гречихи – грязно-желтую, с малины – серовато-белую, с подсолнечника – зеленоватую, с черемухи – почти белую, с синяка – темно-синюю, с иссопа – фиолетовую, с иван-чая (кипрея) – зеленую и т.д. Небольшое количество пыльцевых зерен всегда попадает в мед, где они хорошо сохраняют свою форму и окраску.

При работе на цветке пыльцевые зерна обсыпают тело пчелы (главным образом голову и грудь). Кроме того, язычком и челюстями пчела прокусывает пыльники, отчего пыльцевые зерна прилипают к ротовым органам и увлажняются нектаром и секретом желез пищеварительной системы. В результате пыльцу можно собрать в клейкие комоч-