



DOI: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-372-388

EDN JYNPW

УДК 638.178

Научная статья / Research article

Тяжелые металлы в прополисе и его экстрактах

Е.А. Вахонина  , Е.П. Романова 

ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», г. Рыбное, Российская Федерация

 landych899@gmail.com

Аннотация. Цель исследования — определить содержание тяжелых металлов в нативном прополисе и его экстрактах: спиртовых 5- и 20%-м и спиртовом концентрированном 70%-м; водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами для оптимизации технологии производства и минимизации поступления в конечный продукт токсичных металлов. Определены концентрации трех токсичных металлов (Cr, Cd, Pb) в образцах нативного прополиса Рязанской области и указанных экстрактах. Содержание загрязняющих веществ оценивали методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Результаты показали присутствие всех проанализированных металлов в образцах нативного прополиса. Концентрации элементов варьировались в пределах: 0...0,92 мг/кг для Pb, 0...0,2 мг/кг для Cd, 0...1,54 мг/кг для Cr. Нативный прополис можно рассматривать как индикатор токсичных металлов в окружающей среде. Для всех проанализированных металлов наблюдалось значительное снижение их концентрации при переходе в этанольные и водные экстракты прополиса, что делает продукт безопасным для потребления. Наличие токсичных тяжелых металлов обуславливает необходимость проверки 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, следует разработать стандарты, регулирующие допустимые уровни неорганических загрязняющих веществ.

Ключевые слова: продукты пчеловодства, показатели безопасности, токсичные элементы

Вклад авторов: Авторы в равной степени внесли свой вклад в подготовку этого исследования и рукописи, прочитали окончательную версию рукописи и одобрили ее.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ по Соглашению о представлении из федерального бюджета грантов субсидии от 17 апреля 2025 года № 075-15-2025-172 в ГИИС «Электронный бюджет» (внутренний номер в системе экспертиз sstr № 09.СПЦ25.23).

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 17 марта 2025 г., принята к публикации 5 марта 2026 г.

© Вахонина Е.А., Романова Е.П., 2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Вахонина Е.А., Романова Е.П. Тяжелые металлы в прополисе и его экстрактах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2026. Т. 21. № 2. С. 372–388. doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-372-388 EDN: JYNPWP

Heavy metal content in propolis and propolis extracts

E.A. Vakhonina  , E.P. Romanova 

Federal Beekeeping Research Centre, Rybnoye, Russian Federation

 landych899@gmail.com

Abstract. The aim of the study was to determine the content of heavy metals in native propolis and its extracts: alcoholic extracts (5%, 20%, and concentrated 70%) and aqueous extracts of propolis prepared via different methods, in order to optimize production technology and minimize the transfer of toxic metals into the final product. The concentrations of three toxic metals (Cr, Cd, Pb) were determined in native propolis samples from the Ryazan region and in the indicated extracts. The content of these pollutants was assessed by atomic absorption spectrophotometry. The results showed the presence of all analyzed metals in native propolis samples. The concentrations of elements ranged from 0 to 0.92 mg/kg for Pb, from 0 to 0.2 mg/kg for Cd, and from 0 to 1.54 mg/kg for Cr. Native propolis can be considered an indicator of toxic metals in the environment. For all analyzed metals, a significant decrease in their concentration was observed upon transfer into ethanolic and aqueous propolis extracts, making the product safe for consumption. The presence of toxic heavy metals necessitates quality control of bee products before their use as food additives. Given that bee products are highly heterogeneous and vary in elemental content depending on environmental factors, standards should be developed to regulate permissible levels of inorganic pollutants.

Keywords: beekeeping products, safety indicators, toxic elements

Authors' contribution: The authors contributed equally to the preparation of this study and the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Acknowledgments. The work was carried out with financial support from the project of the Russian Federation represented by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the Agreement on the provision of grants from the federal budget dated 17 April 2025 No. 075-15-2025-172 in the State Integrated Information System “Electronic Budget” (internal expert system number sstp No. 09.SPC25.23).

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Article history: received 17 March 2025; accepted 5 March 2026.

For citation: Vakhonina EA, Romanova EP. Heavy metals in propolis and its extracts. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2026;21(2):372–388. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-372–388 EDN: JYNPWP

Введение

Медоносные пчелы и продукты пчеловодства, в т. ч. прополис, могут служить биоиндикаторами загрязнения окружающей среды токсичными элементами. Исследования прополиса и экстрактов прополиса на содержание токсичных элементов должны проводиться регулярно для их безопасного применения [1].

Пористая структура прополиса адсорбирует частицы, находящиеся в воздухе и в воде. Тяжелые металлы: свинец, кадмий и токсичный элемент ртуть — накапливаются прополисом, в процессе хелатирования удерживаются в его химической структуре. Прополис может служить косвенным биоиндикатором тяжелых металлов, использование прополиса в качестве биоиндикатора не стандартизировано [2].

В исследованиях содержания тяжелых металлов и токсичных элементов в почве и прополисе на территории Республики Македония установлено, что относительные концентрации тяжелых металлов в почве уменьшаются в следующем порядке: $Zn > Cr > Cu > Pb > Cd$. Общая тенденция содержания тяжелых металлов в прополисе в порядке убывания выглядит следующим образом: $Pb > Cr > Zn > Cu \approx Cd$ [3].

Разные образцы бразильского прополиса (красный, желтый, коричневый, зеленый), всего 19, исследовали на содержание токсичных металлов: свинца, кадмия и мышьяка. Концентрация этих элементов в 7 образцах превысила допустимые пределы. Образцы сырого прополиса могут служить индикатором содержания токсичных металлов кадмия, свинца, мышьяка и ртути в окружающей среде [4–7].

При исследовании 5 образцов прополиса Пермского края установили превышение ПДК свинца в 1 образце, содержание кадмия не превышало предельно допустимые концентрации, предусмотренные ТР ТС¹, СанПиН² [8].

Элементы в основном переносятся из почвы, воздуха и/или воды в источники нектара, которые переносятся в улей пчелами.

Элементный состав прополиса обусловлен загрязнением окружающей среды (почвы, воздуха и воды) и загрязнением от контейнеров или другого оборудования, используемого в пчеловодческой практике.

В организм человека свинец попадает из пищи, воздуха и питьевой воды. В 47 исследованных образцах прополиса из разных регионов Турции свинец обнаружили в 9 образцах, содержание не превышало 2 мг/кг [9].

Тяжелые металлы: свинец, мышьяк, молибден, кадмий и ртуть — высокотоксичны и у них нет какой-либо подтвержденной биологической роли. Высокотоксичные металлы присутствуют в окружающей среде: в воздухе, воде и почве. Тяжелые металлы, такие как кадмий, не поддаются биологическому разложению, а их концентрация в окружающей среде постоянно увеличивается. Кадмий вызывает окислительный стресс, синтез активных форм кислорода, повреждающих белки, ДНК; увеличивает образование перекисей и образование гидроперекисей, которые нарушают белковый, углеводный, липидный обмен и вызывают дисбаланс оксидантов-антиоксидантов. Кадмий (Cd) имеет самую высокую растворимость в воде по сравнению с другими тяжелыми металлами [10, 11].

После очистки прополиса до приготовления экстрактов более 40 % свинца, кадмия, хрома и мышьяка удалили путем восковой сепарации. Удаление части

¹ ТР ТС 021 / 2011. О безопасности пищевой продукции. 2011.

² Сан ПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2002.

воска из нативного прополиса имеет значение при высоком уровне загрязняющих веществ (токсичных элементов, пестицидов), так как при очистке снижается уровень биологически активных компонентов [12].

Этанол — наиболее важный растворитель сырого прополиса для целей медицинского и химического анализа, флавоноиды составляют значимую группу, которая растворяется в органических растворителях, таких как этиловый спирт.

Этанол имеет низкий углеродный след при его производстве (биорастворитель) и, как правило, признан безопасным. Вода регулярно применяется в качестве экстракционного растворителя, в основном для большинства гидрофильных соединений [13].

Исследования, проведенные на образцах прополиса, выявили резкое снижение токсичности для клеток млекопитающих при удалении металлов из спиртовых экстрактов прополиса, что указывает на потенциал для медицинских и биомедицинских применений. Присутствие тяжелых металлов в спиртовых экстрактах прополиса способствует антибиопленочной антибактериальной активности. Степень активности не определена. При удалении тяжелых металлов из спиртовых экстрактов прополиса снижается их токсичность для клеток млекопитающих [14].

В исследовании концентрации токсичных металлов (свинец, олово, никель, хром, кадмий и ртуть) методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии бразильского сырого прополиса установлено наличие в прополисе этих элементов. Исследование спиртовых экстрактов, приготовленных из образцов прополиса, показало снижение содержания токсичных элементов в экстрактах, что делает продукт безопасным для использования [15].

Этанольные экстракты прополиса показали восстанавливающие свойства и содержание фенольных соединений, исследования обосновывают необходимость баланса между потенциальными рисками от содержания токсичных элементов и антиоксидантными свойствами [16].

В зависимости от степени окисления хром считается либо незаменимым элементом, либо канцерогенным. Прополис накапливает хром в результате промышленной деятельности.

Свинец токсичен для детей и взрослых, вызывает анемию, гипертонию, когнитивные нарушения, иммунодефицит, бесплодие, задержки развития костей и зубов, дефицит витамина D, а также печеночные и почечные эффекты.

Коэффициент переноса хрома в этанольный экстракт прополиса составил от 8,73 до 30,4 %. Наибольшее количество хрома извлекается 80 % этанолом. Несмотря на достаточно высокое содержание кадмия в нативном прополисе, у него небольшой коэффициент переноса в экстракт.

Экстракты прополиса применяются в небольших количествах, несколько миллилитров в день, потенциально токсичные элементы поступают в организм в количестве наногرامмов, что делает прием экстрактов прополиса безопасным [1, 17].

При сравнении методов экстракции прополиса этанолом и сверхкритической флюидной экстракции установили, что содержание свинца, кадмия и мышьяка при сверхкритической экстракции ниже, чем в этанольной. С точки зрения безопас-

ности пищевых продуктов от токсичных элементов сверхкритическая флюидная экстракция превосходит этанольную [18].

Цель исследования — определение содержания тяжелых металлов в нативном прополисе и его экстрактах: спиртовом 5%-м, спиртовом 20%-м и спиртовом концентрированном 70%-м, приготовленных разными способами водных экстрактах для оптимизации технологии производства прополиса и минимизации поступления в конечный продукт токсичных металлов.

Материалы и методы исследования

Исследования прополиса и экстрактов на его основе проводили в лаборатории ФНЦ пчеловодства в течение 2020–2025 гг.

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

Подготовка прополиса. Прополис предварительно охлаждали в морозильной камере при $t = -6 \pm 2$ °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.

Спиртовая экстракция прополиса. Навеску прополиса для приготовления спиртового экстракта прополиса рассчитывали по формуле

$$H = \frac{5 \cdot 1000}{100 - (M.P. + B)} \text{ или } H = \frac{20 \cdot 1000}{100 - (M.P. + B)}, \quad (1)$$

где м.п. — массовая доля нерастворимых веществ с механическими примесями в исходном прополисе, %; в — массовая доля воска в исходном прополисе, %.

Спиртовый экстракт прополиса готовили в концентрации 5 и 20 %. Для приготовления экстракта прополиса 5%-го использовали этиловый спирт 50%-й концентрации, для экстракта прополиса 20%-го — этиловый спирт 70%-й. Экстрагирование прополиса проводили в стеклянной емкости, без доступа света.

Активные вещества прополиса извлекали методом мацерации в течение 7 дней, без доступа света.

Далее проводили отстаивание, фильтрование и промывание нерастворимого остатка. Фильтрование осуществляли через бумажный фильтр средней плотности, на который переносили нерастворившийся остаток.

Получение концентрированного экстракта прополиса. Для получения концентрированного экстракта прополиса использовали этиловый спирт 96% концентрации. Порошок прополиса экстрагировали 96%-м этиловым спиртом в стеклянной посуде без доступа света в течение 7 дней, при периодическом перемешивании. Далее проводили отстаивание, фильтрование и промывание нерастворимого остатка. Фильтровали экстракт прополиса через бумажный фильтр средней плотности, на который переносили остаток прополиса после экстракции. Экстракт прополиса концентрированный получали

сгущением спиртового экстракта прополиса. Удаление растворителя осуществляли перегонкой. Сгущение экстракта прополиса контролировали по коэффициенту рефракции. Коэффициент рефракции соответствует содержанию $n_D^{20} = 1,51\text{--}1,52$ сухих веществ в концентрате 70 %. Концентрированный экстракт прополиса содержит минимальное количество воска и не содержит механических примесей.

Получение водных экстрактов прополиса. Прополис охлаждали в морозильной камере при $t = -6 \pm 2^\circ\text{C}$ 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 $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$. Порошок прополиса и вода, 1 : 10 по массе.

Способ 2. Экстракцию проводили на водяной бане с обратным холодильником, 5 часов, при $t = 93 \pm 2^\circ\text{C}$. 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 $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$. 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 $t = 93 \pm 2^\circ\text{C}$. Порошок прополиса и вода, 1 : 10 по массе.

Метод извлечения веществ с использованием обратного холодильника — экстракция твердого тела в жидкость с помощью кипящего растворителя, без потери летучих веществ.

Ультразвуковую экстракцию прополиса проводили на ультразвуковой установке HD 2070, GmbH & Co, Германия.

Технические параметры: ультразвуковая частота $20\text{ кГц} \pm 500\text{ Гц}$; ультразвуковой режим работы импульсный; температура экстракции $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$.

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, максимальной мощности 100 Вт, амплитуде ультразвука 100 %, температуре 20°C , 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 высокоселективным, 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 устанавливали спектрофотометрическим методом на атомно-абсорбционном спектрофотометре Spectr AA 220FS. Содержание свинца, кадмия и стронция определялось с помощью воздушно-ацетиленового пламени на газовом атомизаторе; мышьяка — на графитовой печи спектрофотометра с использованием палладиевого модификатора фирмы «Мерск».

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

Результаты исследования и обсуждение

Исследования показали, что прополис, заготовленный для приготовления спиртовых экстрактов, содержал токсичные элементы: свинец, кадмий, хром (табл. 1). Значения данных элементов не превышало предельно допустимые концентрации, предусмотренные ТР ТС³, Сан ПиН⁴.

Таблица 1

Содержание токсичных элементов в прополисе исходном, $n = 17$

Показатель	Концентрация элементов, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Среднее значение $M \pm m$	4,87 ± 0,92	0,059 ± 0,02	0,19 ± 0,12
Пределы колебаний lim	0–11,98	0–0,2	0–1,54
Стандартное отклонение σ	3,81	0,08	0,49
Норма по ТР ТС 021 / 2011	1,0	1,0	—

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

Table 1

Content of toxic elements in the original propolis, $n = 17$

Factor	Concentration of elements, mg/kg		
	Pb	Cd	Cr
Average value $M \pm m$	4.87 ± 0.92	0.059 ± 0.02	0.19 ± 0.12
Oscillation limits lim	0–11.98	0–0.2	0–1.54
Standard deviation σ	3.81	0.08	0.49
Standard according to TR CU 021/2011	1.0	1.0	—

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

³ ТР ТС 021 / 2011. О безопасности пищевой продукции. 2011.

⁴ Сан ПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М., 2002.

Свинец обнаружен в 14, кадмий — в 7, хром — в 4 из 17 образцов экстракта концентрированного.

Приготовленные спиртовые экстракты прополиса (5-, 20- и 70% (концентрированный)) проанализированы на содержание в них токсичных элементов (табл. 2, 3 и 4).

Концентрация спиртового экстракта прополиса составила 5,065...5,077 %; содержание сухих веществ в спиртовом экстракте прополиса 5% составило от 3,54 до 4,67 %. Коэффициент рефракции 1,362...1,365.

Таблица 2

Содержание токсичных элементов в спиртовом прополисе, 5%-м, спирт 50%, n = 5

Показатель	Концентрация элементов, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Среднее значение $M \pm m$	0,02 ± 0,1	0	0
Пределы колебаний lim	0–0,02	0	0
Стандартное отклонение σ	0	0	0
Норма по ТР ТС 021 / 2011	1,0	1,0	-

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

Table 2

Content of toxic elements in alcohol propolis 5%, alcohol 50%, n = 5

Factor	Concentration of elements, mg/kg		
	Pb	Cd	Cr
Average value $M \pm m$	0.02 ± 0.1	0	0
Oscillation limits lim	0–0.02	0	0
Standard deviation σ	0	0	0
Standard according to TR CU 021/2011	1.0	1.0	—

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

Концентрация спиртового экстракта прополиса составила 20,43 ± 1,73 %; содержание сухих веществ в 20%-м спиртовом экстракте прополиса составило в среднем 16,99 ± 1,0 % от 9,97 до 22,19 %. Коэффициент рефракции спиртового экстракта прополиса 20% — 1,3788...1,417.

Таблица 3

**Содержание токсичных элементов в спиртовом прополисе
20%-м, спирт 70%, $n = 16$**

Показатель	Концентрация элементов, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Среднее значение $M \pm m$	0,17 ± 0,06	0	0,009 ± 0,001
Пределы колебаний lim	0–0,53	0	0,003–0,01
Стандартное отклонение σ	0,02	0	0,003
Норма по ТР ТС 021 / 2011	1,0	1,0	–

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

Table 3

Content of toxic elements in alcohol propolis 20%, alcohol 70%, $n = 16$

Factor	Concentration of elements, mg/kg		
	Pb	Cd	Cr
Average value $M \pm m$	0.17 ± 0.06	0	0.009 ± 0.001
Oscillation limits lim	0–0.53	0	0.003–0.01
Standard deviation σ	0.02	0	0.003
Standard according to TR CU 021/2011	1.0	1.0	–

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

В образцах экстракта прополиса концентрированного, коэффициент рефракции (n_d^{20}) составил 1,49...1,556. Массовая доля сухих веществ в экстракте прополиса концентрированном — от 61,28 до 79,7 %, в среднем $71,55 \pm 1,06$ %.

Свинец обнаружен в 14 образцах экстракта концентрированного ($n = 21$), или в 67 % от общего количества образцов.

Таблица 4

Содержание токсичных элементов в спиртовом прополисе 70%-м, $n = 21$

Показатель	Концентрация элементов, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Среднее значение $M \pm m$	0,371 ± 0,1	0,01 ± 0,004	0,03 ± 0,01
Пределы колебаний lim	0,005–1,0	0–0,04	0,009–0,06
Стандартное отклонение σ	0,39	0,02	0,02
Норма по ТР ТС 021 / 2011	1,0	1,0	–

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

Table 4

Content of toxic elements in 70% concentrated propolis extract, $n = 21$

Factor	Concentration of elements, mg/kg		
	Pb	Cd	Cr
Average value $M \pm m$	0.371 ± 0.1	0.01 ± 0.004	0.03 ± 0.01
Oscillation limits lim	0.005–1.0	0–0.04	0.009–0.06
Standard deviation σ	0.39	0.02	0.02
Standard according to TR CU 021/2011	1.0	1.0	–

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

Кадмий обнаружен в 7 образцах экстракта концентрированного ($n = 21$), или в 33 % от общего количества образцов.

Хром обнаружен в 4 образцах экстракта ($n = 21$), т.е. в 19 % образцов.

Установлено:

– в 5% спиртовой экстракт переходит 0,41 % свинца; в 20% спиртовой экстракт прополиса из исходного прополиса экстрагируется 3,49 % свинца, 67,79 % кадмия, 4,73 % хрома;

– в концентрированный экстракт прополиса переходит 7,62 % свинца, 67,8 % кадмия, 15,78 % хрома из исходного материала;

– при увеличении концентрации экстракта прополиса с 5 до 20 % содержание свинца в них возрастает в 8,5 раз, кадмия в 8 раз, хрома в 9 раз;

– при 70% концентрации содержание свинца в экстрактах прополиса в 2,17 раза выше, чем в 20% экстрактах, и в 18,5 раз выше, чем в 5% экстрактах прополиса;

– содержание кадмия при увеличении концентрации прополиса с 20 до 70 % не меняется;

– содержание хрома в экстрактах прополиса при 70% концентрации в 3,33 раза выше, чем в 20% экстрактах и в 30 раз выше, чем в 5% экстрактах прополиса (рис. 1).

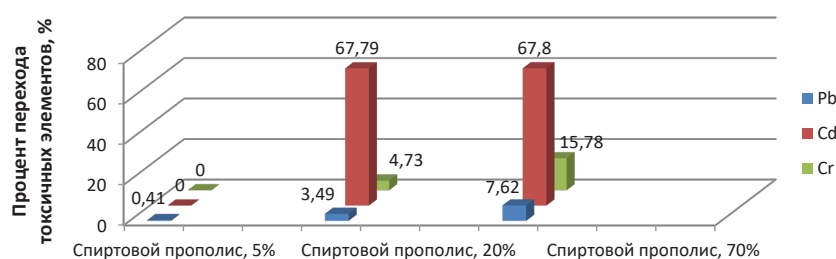


Рис. 1. Процент перехода свинца, кадмия и хрома в спиртовые экстракты прополиса 5, 20 и 70%

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

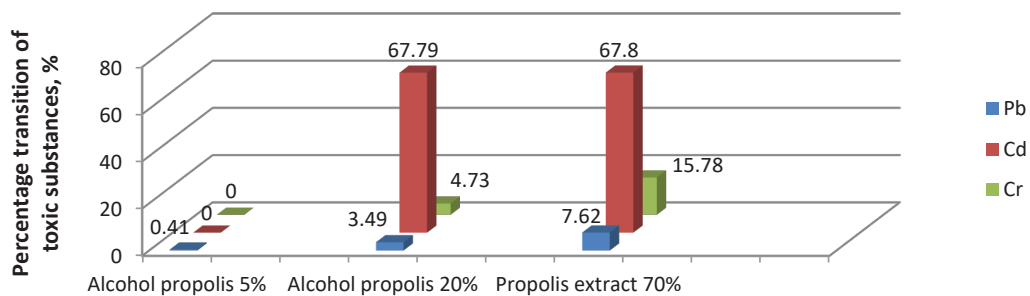


Fig. 1. Percentage of lead, cadmium and chromium transition in alcohol extracts of propolis of 5, 20, and 70%

Source: compiled by E.A. Vakhonina and E.P. Romanova.

Обобщая результаты, можно отметить, что с увеличением концентрации экстрактов прополиса растет содержание в них токсичных элементов.

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 $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, составляет $0,26 \pm 0,02\text{ }\%$, при $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $0,59 \pm 0,04\text{ }\%$. Количество сухих веществ в водных экстрактах прополиса, приготовленных с применением обработкой ультразвуком при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, (ультразвуковая экстракция) составляет $0,28 \pm 0,09$, при $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ультразвуковая экстракция) — $0,49 \pm 0,05\text{ }\%$.

Таблица 5

Содержание токсичных элементов в водном экстракте прополиса, $n = 21$

Показатель	Концентрация элементов, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Водный раствор прополиса, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Среднее значение $M \pm m$	$0,06 \pm 0,01$	$0,0005 \pm 0$	$0,0009$
Пределы колебаний $\lim$	$0-0,15$	$0-0,0005$	$0-0,0009$
Стандартное отклонение σ	$0,05$	0	0
Водный раствор прополиса, $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Среднее значение $M \pm m$	$0,1 \pm 0,02$	$0,002 \pm 0,0009$	0
Пределы колебаний $\lim$	$0-0,29$	$0-0,005$	0
Стандартное отклонение σ	$0,07$	$0,002$	0
Норма по ТР ТС 021 / 2011	$1,0$	$1,0$	–

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

Table 5

Content of toxic elements in aqueous extract of propolis, $n = 21$

Factor	Concentration of elements, mg/kg		
	Pb	Cd	Cr
Aqueous solution of propolis, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Average value $M \pm m$	0.06 ± 0.01	0.0005 ± 0	0.0009
Oscillation limits lim	0–0.15	0–0.0005	0–0.0009
Standard deviation σ	0.05	0	0
Aqueous solution of propolis, $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Average value $M \pm m$	0.1 ± 0.02	0.002 ± 0.0009	0
Oscillation limits lim	0–0.29	0–0.005	0
Standard deviation σ	0.07	0.002	0
Standard according to TR CU 021/2011	1.0	1.0	–

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

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

Таблица 6

Содержание токсичных элементов в водном экстракте прополиса, ультразвук, $n = 21$

Показатель	Концентрация элементов, мг/кг		
	Pb	Cd	Cr
Водный раствор прополиса, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ультразвук			
Среднее значение $M \pm m$	$0,018 \pm 0,01$	0	0
Пределы колебаний lim	0,005–0,06	0	0
Стандартное отклонение σ	0,02	0	0
Водный раствор прополиса, $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$, ультразвук			
Среднее значение $M \pm m$	$0,04 \pm 0,007$	$0,0012 \pm 0,001$	0
Пределы колебаний lim	0,013–0,066	0–0,005	0
Стандартное отклонение σ	0,02	0,002	0
Норма по ТР ТС 021 / 2011	1,0	1,0	–

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

Table 6

Content of toxic elements in aqueous extract of propolis, ultrasound, *n* = 21

Factor	Concentration of elements, mg/kg		
	Pb	Cd	Cr
Aqueous solution of propolis, <i>t</i> = 20 °C, ultrasound			
Average value <i>M</i> ± <i>m</i>	0.018 ± 0.01	0	0
Oscillation limits lim	0.005–0.06	0	0
Standard deviation σ	0.02	0	0
Aqueous solution of propolis, <i>t</i> = 93 °C, ultrasound			
Average value <i>M</i> ± <i>m</i>	0.04 ± 0.007	0.0012 ± 0.001	0
Oscillation limits lim	0.013–0.066	0–0.005	0
Standard deviation σ	0.02	0.002	0
Standard according to TR CU 021/2011	1.0	1.0	–

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

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

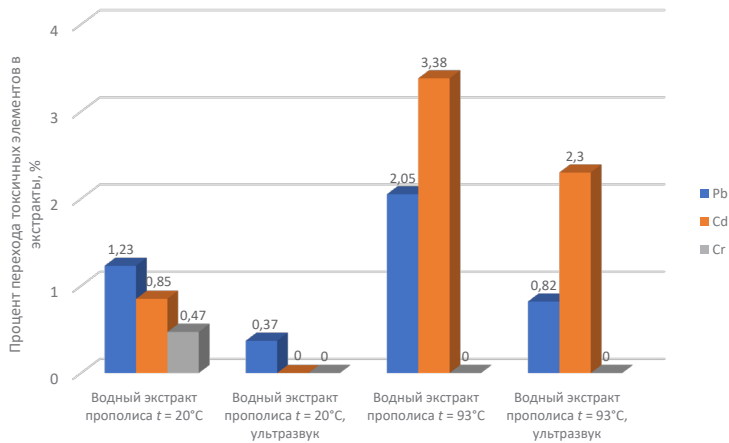


Рис. 2. Процент перехода свинца, кадмия и хрома в водные экстракты прополиса

Источник: выполнено Е.А. Вахониной, Е.П. Романовой.

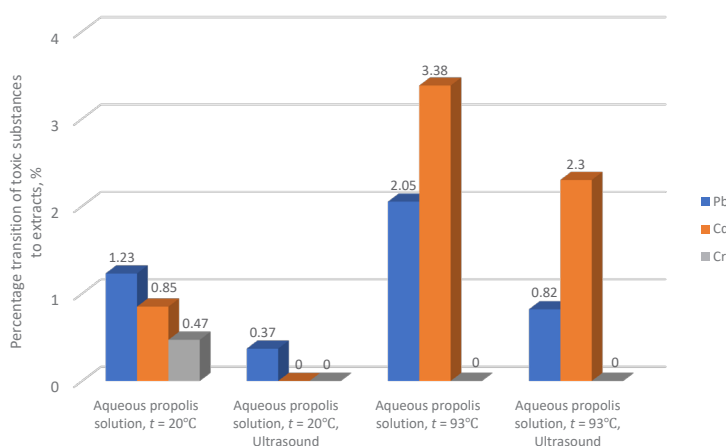


Fig. 2. Percentage of lead, cadmium and chromium transfer into aqueous extracts of propolis

Source: compiled by E.A. Vakhonina, E.P. Romanova.

Кадмий в водном экстракте прополиса, приготовленном при $t = 20^{\circ}\text{C}$ с применением ультразвука, не обнаружен, в водных экстрактах прополиса, приготовленных при $t = 20^{\circ}\text{C}$ и $t = 93^{\circ}\text{C}$ без применения ультразвука, доля перехода из исходного прополиса составила 0,85 и 3,38 % соответственно. Доля перехода в водный экстракт, приготовленный при $t = 93^{\circ}\text{C}$ с применением ультразвука, составила 2,3 %. Хром не обнаружен в водных экстрактах прополиса, приготовленных при $t = 20^{\circ}\text{C}$ и $t = 93^{\circ}\text{C}$ с применением ультразвука и при $t = 93^{\circ}\text{C}$ без использования ультразвука. В водных экстрактах прополиса, приготовленных при $t = 20^{\circ}\text{C}$ без применения ультразвука, содержание хрома составило 0,47 % от содержания в исходном прополисе.

Заключение

Оценка токсичности прополиса и экстрактов прополиса при помощи атомно-адсорбционного спектрофотометра помогла выявить содержание токсичных элементов в образцах прополиса Рязанской области, спиртовых экстрактах прополиса 5% и 20% и концентрированном 70%, водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами.

Установлено, что наименьшее количество токсичных элементов переходит в 5%-е спиртовые экстракты и водные экстракты при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Увеличение концентрации спиртовых экстрактов прополиса приводит к повышению процента перехода токсичных металлов в экстракты.

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

Среднее содержание свинца в прополисе Рязанской области составляет $4,87 \pm 0,92$ мг/кг. Превышение предельно допустимой концентрации свинца в нативном прополисе составило от 0 до 11,9 раза. В действующей нормативной доку-

ментации (СанПиН 2.3.2. 1078–01; ТР ТС 021/2011) содержание свинца в прополисе нормируется 1,0 мг/кг.

При исследовании спиртовых экстрактов прополиса установлено, что содержание свинца составило 0,02 мг/кг (0,41 % от содержания в прополисе). Кадмий и хром в 5% спиртовом экстракте прополиса не обнаружены.

В 20% спиртовом экстракте прополиса содержание свинца составило 0,17 мг/кг (3,49 % от содержания в исходном прополисе), хрома — 0,04 мг/кг (67,79 %), кадмия — 0,009 мг/кг (4,73 %). С повышением концентрации спиртовых экстрактов прополиса увеличивается степень перехода токсичных металлов.

Исследование содержания тяжелых металлов в концентрированном экстракте прополиса 70% показало: свинца содержится 0,37 мг/кг (переход 7,62 %), кадмия — 0,04 мг/кг (67,8 %), хрома — 0,03 мг/кг (15,78 %). Определенные количества тяжелых металлов в концентрированном экстракте прополиса 70% меньше ПДК (СанПиН 2.3.2. 1078–01; ТР ТС 021/2011), что делает безопасным применение экстракта.

В водных экстрактах прополиса, приготовленных разными способами: при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1) без ультразвука и с применением ультразвука (2), при $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$ без ультразвука (3) и с применением ультразвука (4), содержание свинца составило 0,06 мг/кг (1); 0,018 мг/кг (2); 0,1 мг/кг (3) и 0,04 мг/кг (4). Процент перехода от 0,37 до 2,05 %.

Хром в водных экстрактах прополиса не обнаружен. Содержание кадмия в водном экстракте прополиса, приготовленном при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, составило 0,0005 мг/кг, в экстракте прополиса, приготовленном при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ с применением ультразвука кадмий не обнаружен. Содержание кадмия в водных экстрактах прополиса, приготовленных при $t = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$ без и с применением ультразвука, составило 0,002 и 0,012 мг/кг соответственно.

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 наногرامмов, 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 / References

1. Matuszewska E, Klupczynska A, Maciołek K, Kokot ZJ, Matysiak J. Multielemental analysis of bee pollen, propolis, and royal jelly collected in West-Central Poland. *Molecules*. 2021;26(9):2415. doi: 10.3390/molecules26092415 EDN: OHEAVG
2. Balderrama-Carmona AP, Ramos-García V, Ruiz-López L, Felipe-Ortega-Fonseca X. Propolis as a bioindicator of contamination with toxic metals. In: *Heavy Metal Remediation: Sustainable Nexus Approach*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2024:289–317. doi: 10.1007/978-3-031-53688-5_13

3. Bogdanova Popov B, Hristova VK, Presilski S, Shariati MA, Najman S. Assessment of heavy metals in propolis and soil from Pelagonia region, Republic of Macedonia. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2017;36(1):23–33. doi: 10.20450/mjce.2017.1004 EDN: XMZKJH
4. Hodel KVS, Machado BAS, Santos NR, Costa RG, Menezes-Filho JA, Umsza-Guez MA. Metal content of nutritional and toxic value in different types of Brazilian propolis. *The Scientific World Journal*. 2020;2020:4395496. doi: 10.1155/2020/4395496 EDN: QHJTHB
5. Matin G, Kargar N, Buyukisik HB. Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 2016;90:331–335. doi: 10.1016/j.ecoleng.2016.01.035
6. Borg D, Attard E. Honeybees and their products as bioindicators for heavy metal pollution in Malta. *Acta Brasiliensis*. 2020;4(1):60–69. doi: 10.22571/2526-4338282 EDN: YYVGAK
7. Maragou NC, Pavlidis G, Karasali H, Hatjina F. Determination of arsenic in honey, propolis, pollen, and honey bees by microwave digestion and hydride generation flame atomic absorption. *Analytical Letters*. 2017;50(11):1831–1838. doi: 10.1080/00032719.2016.1244542
8. Lazareva OI. Investigation of propolis toxicity. *Perm Agrarian Journal*. 2023;(3):89–93. (In Russ.). doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_89 EDN: UJEPFR
Лазарева О.И. Исследование токсичности прополиса // Пермский аграрный вестник. 2023. № 3 (43). С. 89–93. doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_89 EDN: UJEPFR
9. Mutlu C, Özer-Atakoğlu Ö, Erbaş M, Yalçın MG. Advances in the elemental composition analysis of propolis samples from different regions of Turkey by X-ray fluorescence spectrometry. *Biological Trace Element Research*. 2023;201(1):435–443. doi:10.1007/s12011-022-03152-3 EDN: IHDNDS
10. Végh R, Csóka M, Mednyánszky Z, Sipos L. Potentially toxic trace elements in bee bread, propolis, beeswax and royal jelly — a review of the literature and dietary risk assessment. *Chemosphere*. 2023;339:139571. doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139571 EDN: LVQCUQ
11. Ayhan H, Adiguzel C, Bayram KK, Akin AT, Apaydin FG, Kalender Yu. Effect of propolis supplementation on cadmium toxicity associated with renal and hepatic dysfunction in rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2025;87:127587. doi: 10.1016/j.jtemb.2024.127587 EDN: TMPGWR
12. Evran E, Durakli-Velioglu S, Velioglu HM, Boyaci IH. Effect of wax separation on macro- and micro-elements, phenolic compounds, pesticide residues, and toxic elements in propolis. *Food Science and Nutrition*. 2024;12(3):1736–1748. doi: 10.1002/fsn3.3866 EDN: PHYCZZ
13. Contieri LS, De Souza Mesquita LM, Sanches VL, Chaves JA, Pizani RS, Da Silva LC, Viganó JU, Ventura SPM, Rostagno MA. Recent progress on the recovery of bioactive compounds obtained from propolis as a natural resource: processes, and applications. *Separation and Purification Technology*. 2022;298:121640. doi: 10.1016/j.seppur.2022.121640 EDN: MAJUJL
14. Ambi A, Bryan J, Borbon K, Centeno D, Liu T, Chen TP, Cattabiani T, Traba C. Are Russian propolis ethanol extracts the future for the prevention of medical and biomedical implant contaminations? *Phytomedicine*. 2017;30:50–58. doi: 10.1016/j.phymed.2017.03.006
15. Orsi RO, Barros DCB, Silva RCM, Queiroz JV, Araújo WLP, Shinohara AJ. Toxic metals in the crude propolis and its transfer rate to the ethanolic extract. *Sociobiology*. 2018;65(4):640–644. doi: 10.13102/sociobiology.v65i4.3379 EDN: XKUPME
16. Gümrukçü S, Caner C, Balcioglu S, Altundag H. Comprehensive analysis of heavy metals and antioxidant properties in various spices and propolis. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2025;105(18):6614–6629. doi: 10.1080/03067319.2024.2425993
17. Soós Á, Bódi É, Várallyay S, Molnár S, Kovács B. Element composition of propolis tinctures prepared from Hungarian raw propolis. *LWT*. 2022;154:112762. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112762 EDN: QEEAKB

18. Xu LX, Lv B, Ye H. Analysis and comparison of heavy metal content in propolis with different processing technologies. *Journal of Food Safety and Quality*. 2020;11(15):5040–5046.

Об авторах:

Вахонина Елена Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела химико-биологических исследований продуктов пчеловодства, ФГБНУ «ФНИЦ пчеловодства», Российская Федерация, 391110, Рязанская область, г. Рыбное, ул. Почтовая, д. 22; e-mail: landych899@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8159-5856 SPIN-код: 1986-9523

Романова Елена Петровна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и молекулярно-генетических исследований медоносных пчел, ФГБНУ «ФНИЦ пчеловодства», Российская Федерация, 391110, Рязанская область, г. Рыбное, ул. Почтовая, д. 22, e-mail: elena.p56@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-6473-1393 SPIN-код: 4089-5972

About the authors:

Vakhonina Elena Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Chemical and Biological Studies of Beekeeping Products, Federal Beekeeping Research Centre, 22 Pochtovaya St., Rybnoye, Ryazan Region, 391110, Russian Federation; e-mail: landych899@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8159-5856 SPIN-code: 1986-9523

Romanova Elena Petrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Selection and Molecular Genetic Studies of Honey Bees, Federal Beekeeping Research Centre, 22 Pochtovaya St., Rybnoye, Ryazan Region, 391110, Russian Federation; e-mail: elena.p56@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-6473-1393 SPIN-code: 4089-5972