

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-2-113-123>
УДК 615.1



Оригинальная статья / Research article

Содержание минорных элементов в грудном сборе № 4

И. В. Гравель, Д. В. Лёвушкин✉

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), 119991, Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

✉ Контактное лицо: Лёвушкин Дмитрий Владимирович. E-mail: istomam@gmail.com

ORCID: И. В. Гравель – <https://orcid.org/0000-0002-3735-2291>; Д. В. Лёвушкин – <https://orcid.org/0000-0002-7782-1574>.

Статья поступила: 04.04.2023

Статья принята в печать: 17.05.2023

Статья опубликована: 25.05.2023

Резюме

Введение. Микроэлементы являются неотъемлемой частью организма человека, однако около 80 % населения отмечает дисбаланс их содержания. В лекарственных растениях минеральные вещества находятся в легко доступной и усвояемой форме вместе с биологически активными веществами. Весьма популярны для профилактики и в составе комплексной терапии различных заболеваний лекарственные растительные сборы. Однако сведения о содержании микроэлементов в многокомпонентных лекарственных растительных препаратах весьма ограничены. Поэтому необходимы исследования минерального состава, которые позволят рассматривать растительные сборы в качестве дополнительного источника микроэлементов.

Цель. Изучить содержание микроэлементов (B, Si, Al, Ba, Sr, Ti) в грудном сборе № 4, его компонентах и водных извлечениях из них.

Материалы и методы. Объектами исследования были грудной сбор № 4, его отдельные компоненты и водные извлечения из них. Настою из образцов получали согласно инструкции по применению на упаковке лекарственного растительного препарата. Подготовку проб к анализу осуществляли смесью концентрированной азотной кислоты и воды деионизированной в микроволновой системе Milestone Ethos Up (Milestone, Италия). Анализ проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе ИСП-АЭС 720-ES (Agilent Technologies, США).

Результаты и обсуждение. Обнаружено, что концентрации Si, Al, B, Sr, Ba, Ti в отдельных компонентах сбора варьировали в диапазоне 2,9–1240 мг/кг, переход микроэлементов в водные извлечения составил 0,4–34,2 %. Содержание этих элементов в грудном сборе № 4 найдено 13,3–920,7 мг/кг, а степень извлечения в настой составила 3–40 %. Сравнительный анализ показал, что извлечение B, Al, Ba из сбора в настой на 14–58 % выше, чем из отдельных компонентов, входящих в его состав. Установлено, что с настоем из грудного сбора № 4 в организм человека поступает 50 % бора и 264 % кремния от рекомендуемого адекватного уровня потребления в РФ.

Заключение. Проведенное исследование показало, что грудной сбор № 4 можно рассматривать как дополнительный источник B и Si в организм человека. Концентрации Al, Sr, Ba, Ti находились в пределах средних значений диапазона содержания этих элементов в растениях.

Ключевые слова: лекарственное растительное сырье, растительные препараты, микроэлементы, атомно-эмиссионная спектроскопия, сборы лекарственные

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. И. В. Гравель принадлежит основная идея и дизайн исследования, обобщение и критический анализ полученных результатов. Д. В. Лёвушкин получил данные и осуществил их анализ и интерпретацию. Все авторы участвовали в написании текста статьи и обсуждении результатов.

Для цитирования: Гравель И. В., Лёвушкин Д. В. Содержание минорных элементов в грудном сборе № 4. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023;12(2):113–123. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-2-113-123>

The Content of Minor Elements in the Breast Collection No. 4

Irina V. Gravel, Dmitry V. Levushkin✉

I. M. Sechenov First MSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia

✉ Corresponding author: Dmitry V. Levushkin. E-mail: istomam@gmail.com

ORCID: Irina V. Gravel – <https://orcid.org/0000-0002-3735-2291>; Dmitry V. Levushkin – <https://orcid.org/0000-0002-7782-1574>.

Received: 04.04.2023

Revised: 17.05.2023

Published: 25.05.2023

Abstract

Introduction. Trace elements are an essential part of the human body, but about 80 % of the human population notes an imbalance in their content. Medicinal plants contain minerals in an accessible and digestible form together with biologically active substances. Medicinal herbal preparations are very popular for the prevention and as part of the complex therapy of various diseases. However, information about the content of trace elements in multicomponent medicinal herbal preparations is very limited. Therefore, it is necessary to study the mineral composition, which will allow us to consider plant collections as an additional source of trace elements.

Aim. The purpose of our study was to study the content of trace elements (B, Si, Al, Ba, Sr, Ti) in breast collection No. 4, its components and aqueous extracts from them.

© Гравель И. В., Лёвушкин Д. В., 2023

© Gravel I. V., Levushkin D. V., 2023

Materials and methods. The objects of the study were breast collection No. 4, its individual components and aqueous extracts from them. Infusions from the samples were obtained according to the instructions for use on the packaging of a medicinal herbal preparation. The samples were prepared for analysis with a mixture of concentrated nitric acid and water deionized in the Milestone Ethos Up microwave system (Milestone, Italy). The analysis was carried out by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma on the ISP-NPP 720-ES device (Agilent Technologies, USA).

Results and discussion. It was found that the concentrations of Si, Al, B, Sr, Ba, Ti in individual components of the collection varied in the range of 2.9–1240 mg/kg, the transition of trace elements to aqueous extracts was 0.4–34.2 %. The content of these elements in breast collection No. 4 was found to be 13.3–920.7 mg/kg, and the degree of extraction the infusion was 3–40 %. Comparative analysis showed that the extraction of B, Al, Ba from the collection into the infusion is 14–58 % higher than from the individual components included in its composition. It has been established that 50 % of boron and 264 % of silicon from the recommended adequate level of consumption in the Russian Federation enters the human body with an infusion from the breast collection No. 4.

Conclusion. The study showed that breast collection No. 4 can be considered as an additional source of B and Si in the human body. The concentrations of Al, Sr, Ba, Ti were within the average values of the range of the content of these elements in plants.

Keywords: medicinal plant raw materials, herbal preparations, trace elements, atomic emission spectrometry, medicinal collections

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Irina V. Gravel reviewed the publications and designed the study. Dmitry V. Levushkin received the data and carried out their analysis and interpretation. All the authors participated in writing the text of the article and discussing the results.

For citation: Gravel I. V., Levushkin D. V. The content of minor elements in the breast collection No. 4. *Drug development & registration*. 2023;12(2):113–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-2-113-123>

ВВЕДЕНИЕ

Минорные элементы (микроэлементы) – это группа химических элементов, которые содержатся в организме человека в очень малых количествах, меньше 0,001 % массы [1]. К ним относятся бор (B), кремний (Si), алюминий (Al), стронций (Sr), барий (Ba), титан (Ti), германий (Ge), хром (Cr), олово (Sn), цинк (Zn), фтор (F), молибден (Mo), ванадий (V) и некоторые другие (таблица 1) [2]. Микроэлементы выполняют важные функции в организме человека, в частности, участвуют в обмене белков, жиров, углеводов, синтезе белка, теплообмене, кроветворении, костеобразовании, размножении, реакциях иммунитета [3]. По значимости для живых организмов микроэлементы подразделяют на эссенциальные, условно-эссенциальные, условно токсичные и токсичные [4]. Однако известно, что сами эссенциальные микроэлементы в определенных концентрациях могут вызывать нежелательные реакции, а отдельные токсичные элементы в малых количествах жизненно необходимы организму [5].

Кремний (Si) входит в состав гликозаминогликанов и коллагена, которые формируют и стабилизируют каркас соединительной ткани [6]. Он необходим для поддержания твердости костей, подвижности суставов и хорошего состояния кожи, защищает сосудистую стенку при атеросклеротических процессах, предотвращает развитие болезни Альцгеймера. В организме человека содержится около 1 г Si, преимущественно в виде остатков ортокремниевой кислоты в соединительной ткани (таблица 2) [7]. Дефицит Si может развиваться при его недостаточном поступлении в организм (менее 5 мг/день) [8].

Таблица 1. Содержание, суточное поступление и усвоение микроэлементов

Table 1. Content, daily intake and assimilation of trace elements

Элемент Trace elements	Содержание в организме, мг Content in the human body, mg	Суточное поступление, мг Daily intake, mg	Усвоение организмом, % Assimilation by the body, %
Кремний Silicium	1000	20–30	2–4
Бор Borum	20	7–20	80–90
Алюминий Aluminum	50	2–3	2–4
Стронций Strontium	320	0,8–3,0	5–10
Барий Barium	20	0,3–1,0	10–30
Титан Titanium	9	0,1–1,0	1–3

Бор (B) – эссенциальный микроэлемент, который участвует в образовании костной ткани; влияет на обмен кальция, фосфора, фтора, цинка и магния; участвует в образовании витамина D; нормализует обмен нуклеиновых кислот; поддерживает и стимулирует синтез белков [9]. Адекватный уровень потребления этого элемента составляет 2 мг/сут [10, 11].

Алюминий (Al) входит в состав множества ферментных систем; участвует в образовании фосфатных и белковых комплексов; процессах регенерации костной, соединительной и эпителиальной ткани; оказывает стимулирующее действие на пищевари-

тельные и паращитовидные железы [12, 13]. С другой стороны, он относится к иммунотоксичным элементам, поскольку вызывает угнетение функций Т- и В-клеток, макрофагов. В малых количествах Al обнаружен практически во всех органах человека, но свыше 5000 мг/сутки может представлять серьезную опасность для здоровья [14, 15]. В желудочно-кишечном тракте лучше всего усваиваются растворимые соли, такие как хлорид и цитрат Al (таблица 2) [16].

Роль стронция (Sr) в организме человека до конца не ясна, но доказано его участие в образовании и прочности эмали зубов, в процессах костеобразования [17]. Он относится к токсичным элементам: при поступлении свыше 700 мг/сут поражаются костная ткань, печень, легкие и мозг [18].

Барий (Ba) относится к токсичным элементам: все его растворимые соединения могут вызвать патологические реакции через несколько часов после по-

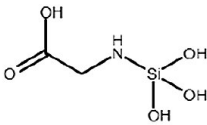
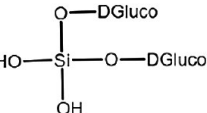
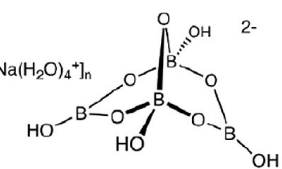
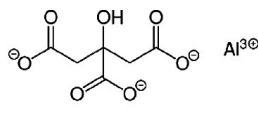
ступления в организм. Отравления Ba приводят к спазму гладкой мускулатуры и резкому нарушению сердечной деятельности [19]. Токсическая доза для человека составляет 200 мг [20].

Роль титана (Ti) в организме человека окончательно не выяснена. Ti может поступать в организм человека с пищей (в виде пищевой добавки E171), при вдыхании титановой пыли на химических и металлургических предприятиях [21]. Всего в организме человека содержится 9–15 мг Ti [22].

В ряде исследований установлено, что у пациентов с различными заболеваниями (в том числе при бронхиальной астме) наблюдаются изменения состава и концентраций химических элементов в тканях и органах [23]. Помимо непосредственного участия микроэлементов в патогенезе респираторных заболеваний, их избыток может привести к негативным воздействиям на клетки и внутриклеточные структу-

Таблица 2. Формы поступления минорных элементов в организм человека

Table 2. Forms of entry of minor elements into the human body

Элемент Trace element	Форма поступления Form of intake	Формула Formula
Кремний Silicium	В виде остатков ортокремниевой кислоты, связанной с аминокислотами и моносахаридами Orthosilicic acid associated with amino acids and monosaccharides	 
Бор Borum	В виде солей борной кислоты: • Тетраборат натрия Boric acid salts: • Sodium Tetraborate	
Алюминий Aluminum	В виде солей органических кислот: • Цитрат алюминия Salts of organic acids: • Aluminum citrate	
Стронций Strontium	В виде солей неорганических кислот: • Нитрат стронция. • Хлорид стронция Salts of inorganic acids: • Strontium nitrate. • Strontium chloride	$\text{SrCl}_2, \text{Sr}(\text{NO}_3)_2$
Барий Barium	В виде солей неорганических и органических кислот: • Хлорид бария. • Ацетат бария Salts of inorganic and organic acids: • Barium Chloride. • Barium Acetate	$\text{BaCl}_2, \text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
Титан Titanium	В виде оксидов: • Диоксид титана Oxides: • Titanium dioxide	TiO_2

ры [24]. Показано, что в организме больных с хроническими заболеваниями увеличивается содержание Al и S, наблюдается дисбаланс Zn, Cu, Mn, Co [25]. У больных с множественными эпизодами острых респираторных заболеваний наблюдается повышенное содержание Pb, Cd, Cr и пониженное содержание Ca, Mg, Fe [26]. Для макроэлементов такие закономерности изучены намного лучше, чем для микроэлементов.

Минеральные вещества в лекарственном растительном сырье (ЛРС) находятся в легко усваиваемых формах – в виде солей органических кислот (цитратов, оротатов, глюконатов и пиколинатов) и других растворимых комплексных соединений [27]. Поэтому лекарственные растительные препараты могут оказывать терапевтический эффект не только за счет биологически активных веществ, но и корректировать микроэлементный баланс в организме человека. Однако ранее многокомпонентные лекарственные растительные препараты (ЛРП) в этом аспекте не рассматривались.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного объекта исследования выбран грудной сбор № 4 (ОАО «Красногорсклекарств», Россия, серия 50419). Помимо него, исследованы отдельные компоненты, из которых получен сбор: цветки ромашки аптечной (*Chamomillae recutita flores*), цветки календулы лекарственной (*Calendulae officinalis flores*), листья мяты перечной (*Menthae piperitae folia*), побеги багульника болотного (*Ledi palustris cortus*), корни солодки (*Glycyrrhizae radices*), трава фиалки (*Violae herba*).

В анализе использовалась концентрированная азотная кислота (о.с.ч., 18-4, АО «ВЕКТОН», Россия) и вода деионизированная, которую получали при помощи системы очистки воды Milli-Q plus (Millipore, Германия).

Из сбора и всех видов сырья готовили водные извлечения. Измельченное лекарственное растительное сырье помещали в стеклянный стакан на 250 мл и заливали 200 мл горячей деионизированной водой. Накрыв часовым стеклом, нагревали на кипящей водяной бане при периодическом помешивании 15 минут. Затем охлаждали при комнатной температуре 45 минут и фильтровали через фильтр «красная лента». Затем фильтр помещали в марлю и вместе с фильтром отжимали сырье. Объем полученного настоя доводили деионизированной водой до 200,0 мл в мерной колбе.

Содержание элементов (Si, Al, B, Sr, Ba, Ti) в пробах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой после предварительной кислотной минерализации. Пробоподготовку образцов сырья проводили смесью кислоты азотной концентрированной и воды деионизированной в соотношении 1:10. Водные извлечения (20 мл) предварительно упаривали до сухого остатка. Разложение осуществляли в микроволновой систе-

ме Milestone Ethos Up (Milestone, Италия) с частотой 2450 Гц и выходной мощностью 900 Вт. Элементный анализ проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе ИСП-АЭС 720-ES (Agilent Technologies, США) с осевой конфигурацией обзора плазмы (таблица 3).

Таблица 3. Условия измерений в ИСП-АЭС эксперименте

Table 3. Measurement conditions in the ISP-NPP experiment

Показатель, единицы измерения Indicator, units of measurement	Значение Value
Мощность РЧ, кВт RF power, kW	1,40
Поток плазмы, л/мин Plasma flow, l/min	15
Дополнительный поток, л/мин Additional flow, l/min	1,50
Поток распылителя, л/мин Spray flow, l/min	0,70
Время чтения повторности, с Repetition reading time, s	5
Время стабилизации, с Stabilization time, s	15
Повторности Repetition	3
Задержка ввода пробы, с Sample input delay, s	15
Скорость вращения перистальтического насоса, об/мин Rotation speed of the peristaltic pump, rpm	12

Значение концентраций рассчитывали как среднее арифметическое в пересчете на 1 грамм сухого сырья.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что в отдельных компонентах сбора концентрации микроэлементов варьировали в широком диапазоне (в мг/кг): Si – 282,3–1239,2; Al – 27,6–512,0; B – 6,5–11,9; Sr – 7,6–233,2; Ba – 12,3–84,1; Ti – 2,9–97,5 (таблица 4). Максимальные концентрации элементов определены в корнях солодки (Si, Al, Sr), в цветках календулы лекарственной (Ti, B), в побегах багульника болотного (Ba). Минимальные концентрации микроэлементов отмечены в цветках календулы лекарственной (Ba) и в побегах багульника болотного (Si, Al, Sr, Ti, B). Содержание микроэлементов в образцах грудного сбора № 4 убывали в ряду: Si > Al > Sr > Ba > Ti > B.

Концентрации Si варьировали в диапазоне 282,30–1239,24 мг/кг, что находится в пределах средних значений в растениях (14,47–1700,19 мг/кг) [28]. Si найден в максимальных концентрациях в корнях солодки, а в минимальных – в побегах багульника болотного (рисунок 1). Обнаружено, что в корнях солодки концентрации Si на 40 % больше, чем в грудном сборе № 4.

Al в компонентах сбора найден в концентрациях 27,58–512,02 мг/кг, что не превышало среднего содержания в растениях (0,06–5130 мг/кг) [28]. Мак-

Таблица 4. Среднее содержание микроэлементов в грудном сборе № 4 и его компонентах
Table 4. Average content of trace elements in breast collection No. 4 and its components

ЛРС/ЛРП LRS/LRP	Микроэлементы, мг/кг Trace elements, mg/kg					
	Si	Al	B	Sr	Ba	Ti
Цветки ромашки аптечной Chamomillae recutita flores	811,66 ± 21,13	115,59 ± 2,96	28,68 ± 0,20	13,15 ± 0,46	13,44 ± 0,63	15,27 ± 0,51
Цветки календулы лекарственной Calendulae officinalis flores	860,75 ± 47,67	470,72 ± 11,25	34,35 ± 0,20	58,62 ± 0,56	12,32 ± 1,35	97,48 ± 2,27
Листья мяты перечной Menthae piperitae folia	995,74 ± 115,67	285,79 ± 27,78	11,93 ± 0,51	42,45 ± 1,76	19,54 ± 0,97	32,15 ± 3,77
Побеги багульника болотного Ledi palustris cormus	282,30 ± 16,17	27,58 ± 0,83	6,51 ± 0,85	7,58 ± 0,17	84,12 ± 1,66	2,94 ± 0,23
Корни солодки Glycyrrhizae radices	1239,24 ± 41,43	512,02 ± 15,38	8,42 ± 0,43	233,19 ± 5,08	15,23 ± 0,36	26,50 ± 1,29
Трава фиалки Violae herba	449,95 ± 61,96	90,95 ± 10,15	8,88 ± 0,71	35,84 ± 1,76	72,96 ± 0,68	8,97 ± 1,55
Грудной сбор № 4 Breast collection No. 4	920,67 ± 132,42	229,72 ± 33,44	13,27 ± 0,82	51,52 ± 1,54	36,48 ± 1,08	30,97 ± 8,04

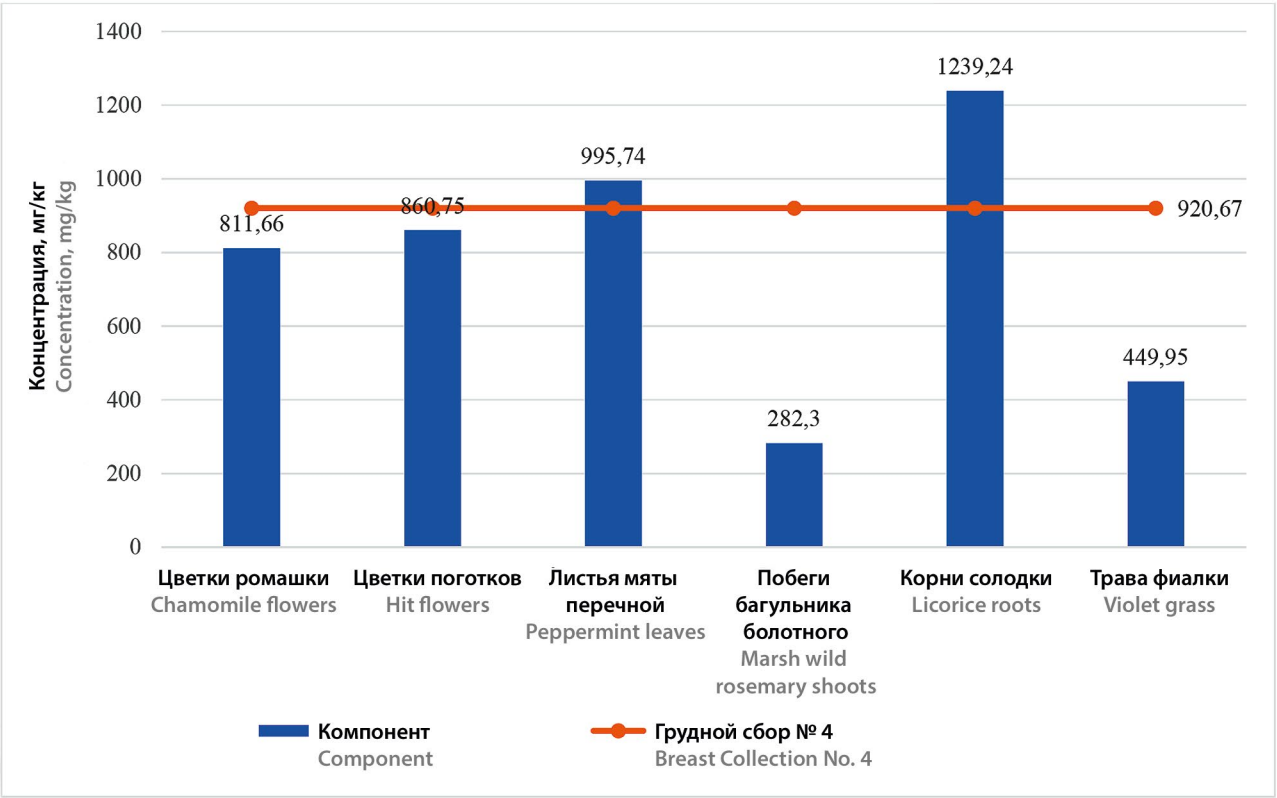


Рисунок 1. Содержание кремния в грудном сборе № 4 и его компонентах, мг/кг
Figure 1. The content of Si in breast collection No. 4 and its components, mg/kg

симальные концентрации элемента отмечены в корнях солодки, а в минимальных – в побегах багульника болотного.

Содержание В варьировало в диапазоне 6,51–34,35 мг/кг (концентрации в растениях – 2,50–61,0 мг/кг) [28]. Максимальные концентрации элемента отмечены в цветках календулы лекарственной, а в минимальных – в побегах багульника болотного

(рисунок 2). В отдельных компонентах (цветки ромашки аптечной и цветки календулы лекарственной) содержание В было более чем в 2 раза выше по сравнению со сбором.

Концентрации Sr варьировали в диапазоне 7,58–233,19 мг/кг, что несколько выше концентраций, указанных в литературных источниках (0,19–212,00 мг/кг) [28]. Sr в максимальных концентрациях

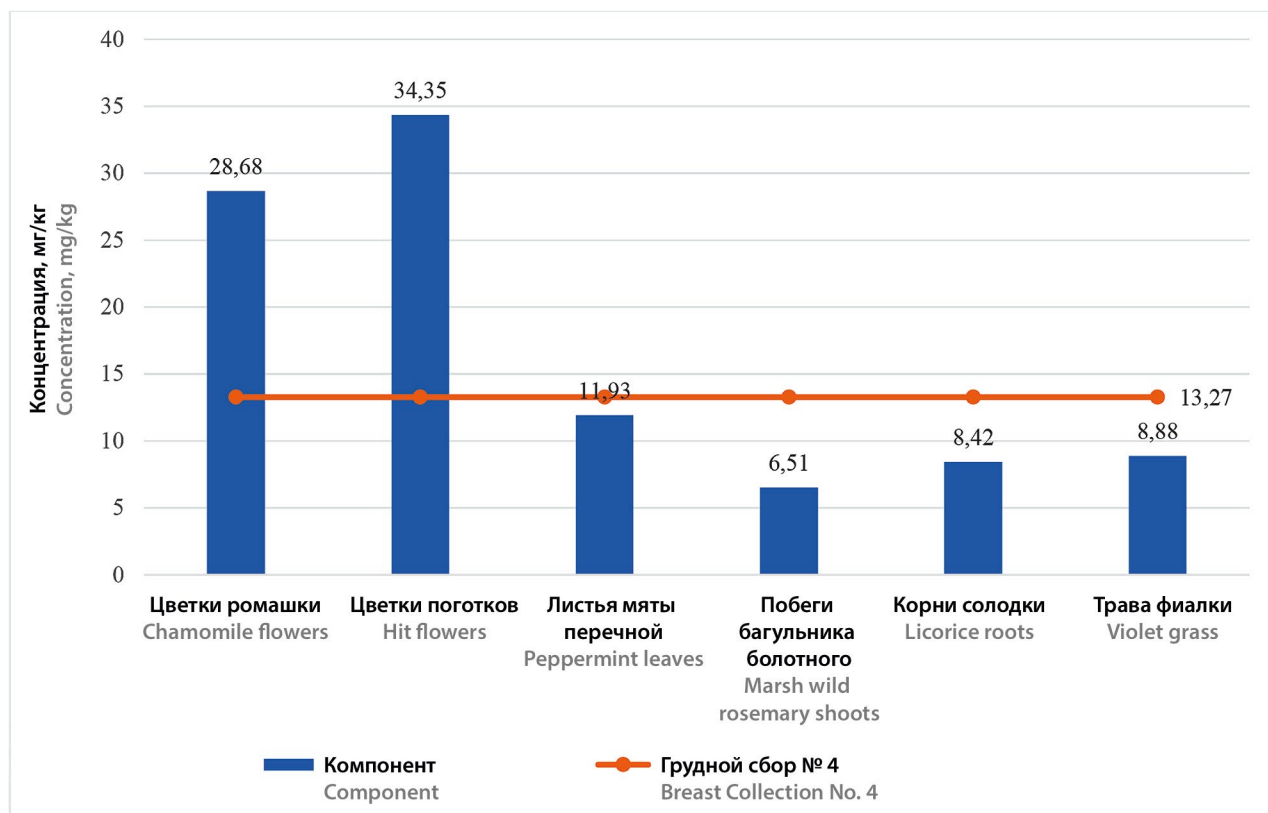


Рисунок 2. Содержание бора в грудном сборе № 4 и его компонентах, мг/кг

Figure 2. The content of B in breast collection No. 4 and its components, mg/kg

найден в корнях солодки, а в минимальных – в побегах багульника болотного. Показано, что содержание Sr в корнях солодки в 4,5 раза выше, чем в грудном сборе № 4. Другие компоненты содержали Sr в концентрациях меньших или равных содержанию в грудном сборе.

Концентрации Ba варьировало в диапазоне 12,32–84,12 мг/кг, что согласуется с литературными данными (1,40–181,00 мг/кг) [28]. Ba в максимальных концентрациях найден в побегах багульника болотного, а в минимальных – в цветках календулы лекарственной. Проведенные исследования показали, что концентрации Ba в побегах багульника болотного и в траве фиалки в 2 раза выше, чем в грудном сборе № 4.

Содержание Ti варьировало в диапазоне 2,94–97,48 мг/кг, что выше концентраций, указанных в литературных источниках (1,30–38,9 мг/кг) [28]. Ti в максимальных концентрациях найден в цветках календулы лекарственной, а в минимальных – в побегах багульника болотного. Установлено, что содержание Ti в цветках календулы лекарственной в 3 раза выше, чем в грудном сборе № 4 ($2669,15 \pm 69,8$ мг/кг).

В водных извлечениях из компонентов грудного сбора № 4 концентрации микроэлементов варьировали в широком диапазоне (в мг/кг): Si – 14,93–86,83; Al – 1,54–4,18; B – 1,19–4,47; Sr – 1,44–10,93; Ba – 0,39–

6,43; Ti – 0,03–2,26 (таблица 5). Максимальные концентрации элементов были обнаружены в настоях из календулы лекарственной цветков (Si, Ti), из корней солодки (Al, Sr), из багульника болотного побегов (Ba), из ромашки аптечной цветков (B). Минимальные концентрации микроэлементов отмечены в настоях из корней солодки (B), из календулы лекарственной цветков (Ba) и из багульника болотного побегов (большинство элементов). Содержание микроэлементов в образцах настоя из грудного сбора № 4 убывало в ряду: Si > Sr > Al > B > Ba > Ti.

Содержание Si в водных извлечениях варьировало в диапазоне 14,93–86,83 мг/кг (рисунок 3). Si найден в максимальных концентрациях в водном извлечении из календулы лекарственной цветков, а в минимальных – из побегов багульника болотного.

Содержание Al в водных извлечениях варьировало в диапазоне 1,54–13,85 мг/кг. Al найден в максимальных концентрациях в водном извлечении из календулы лекарственной цветков, а в минимальных – из побегов багульника болотного. Установлено, что содержание Al в настое из цветков календулы лекарственной в 2,05 раз выше, чем содержание в водном извлечении из грудного сбора № 4.

Концентрации B в водных извлечениях варьировало в диапазоне 1,19–5,22 мг/кг (рисунок 4). B найден в максимальных концентрациях в водном извлечении

Таблица 5. Среднее содержание микроэлементов в водных извлечениях (настоях) из грудного сбора № 4 и его компонентов
Table 5. Average content of trace elements in aqueous extracts (infusions) from breast collection No. 4 and its components

ЛРС/ЛРП LRS/LRP	Микроэлементы, мг/кг Trace elements, mg/kg					
	Si	Al	B	Sr	Ba	Ti
Цветки ромашки аптечной Chamomillae recutita flores	65,39 ± 0,10	2,03 ± 0,34	4,74 ± 0,05	2,43 ± 0,13	0,76 ± 0,04	0,11 ± 0,03
Цветки календулы лекарственной Calendulae officinalis flores	86,83 ± 8,13	13,85 ± 1,76	4,07 ± 0,03	4,41 ± 0,04	0,39 ± 0,01	2,26 ± 0,34
Листья мяты перечной Menthae piperitae folia	44,34 ± 0,14	2,12 ± 0,54	2,49 ± 0,01	7,04 ± 0,34	1,58 ± 0,14	0,13 ± 0,05
Побеги багульника болотного Ledi palustris cormus	14,93 ± 0,13	1,54 ± 0,02	2,23 ± 0,08	1,44 ± 0,11	6,43 ± 0,17	0,03 ± 0,00
Корни солодки Glycyrrhizae radices	26,49 ± 0,09	4,18 ± 0,15	1,19 ± 0,03	10,93 ± 0,35	0,64 ± 0,02	0,26 ± 0,08
Трава фиалки Violae herba	16,81 ± 0,08	2,03 ± 0,10	1,23 ± 0,02	3,27 ± 0,24	3,20 ± 0,19	0,10 ± 0,01
Грудной сбор № 4 Breast collection No. 4	66,36 ± 0,24	6,78 ± 0,95	5,22 ± 0,08	8,06 ± 0,32	4,70 ± 0,66	0,63 ± 0,09

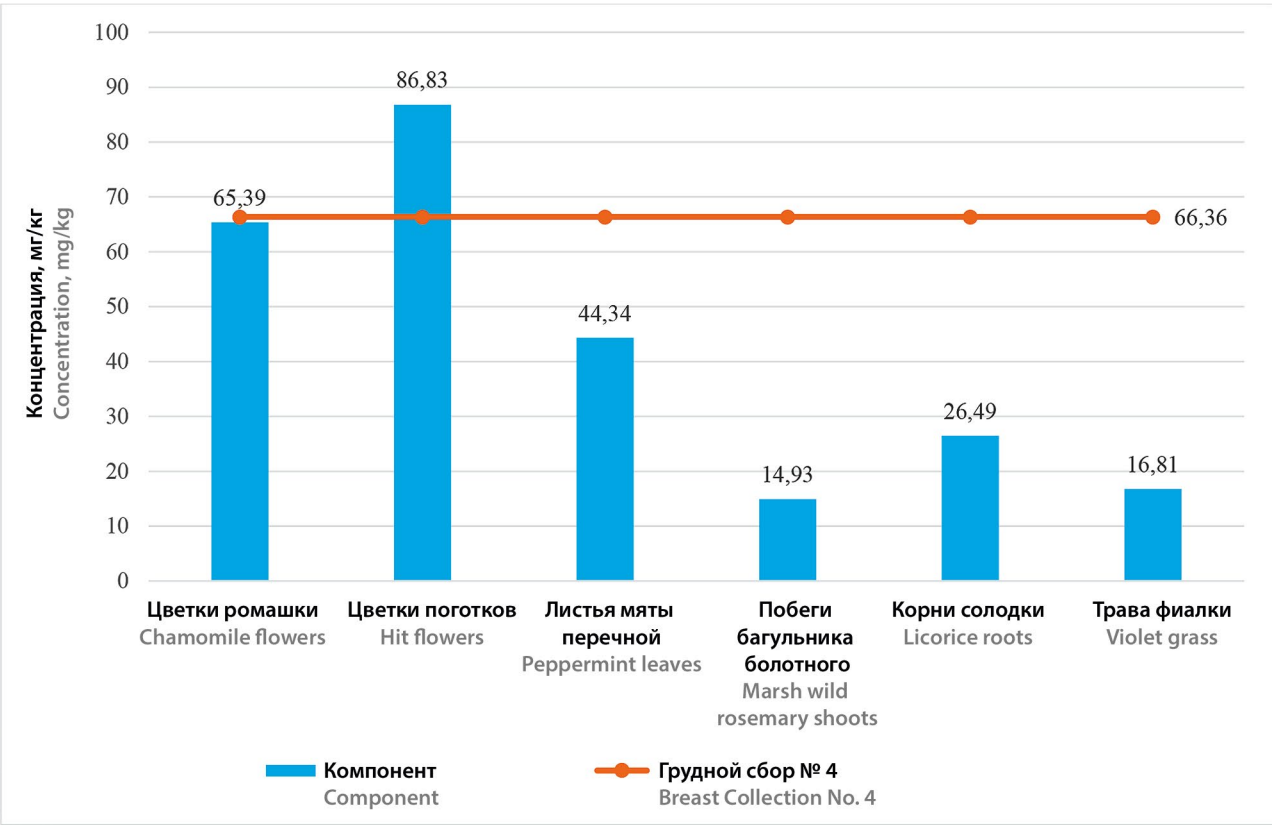


Рисунок 3. Содержание кремния в водных извлечениях, мг/кг
Figure 3. The content of Si in aqueous extracts, mg/kg

чении из ромашки аптечной цветков, а в минимальных – из корней солодки. Показано, что концентрации В в настое из грудного сбора № 4 на 10 % выше, чем в настоях из компонентов.

Содержание Sr в водных извлечениях варьировало в диапазоне 1,44–10,93 мг/кг. Sr найден в максимальных концентрациях в водном извлечении из

корней солодки, а в минимальных – из побегов багульника болотного. Исследования показали, что содержание Sr в настое из корней солодки в 1,36 раз выше, чем в настоях из грудного сбора № 4.

Концентрации Ba в водных извлечениях варьировали в диапазоне 0,39–6,43 мг/кг. Ba найден в максимальных концентрациях в водном извлечении из

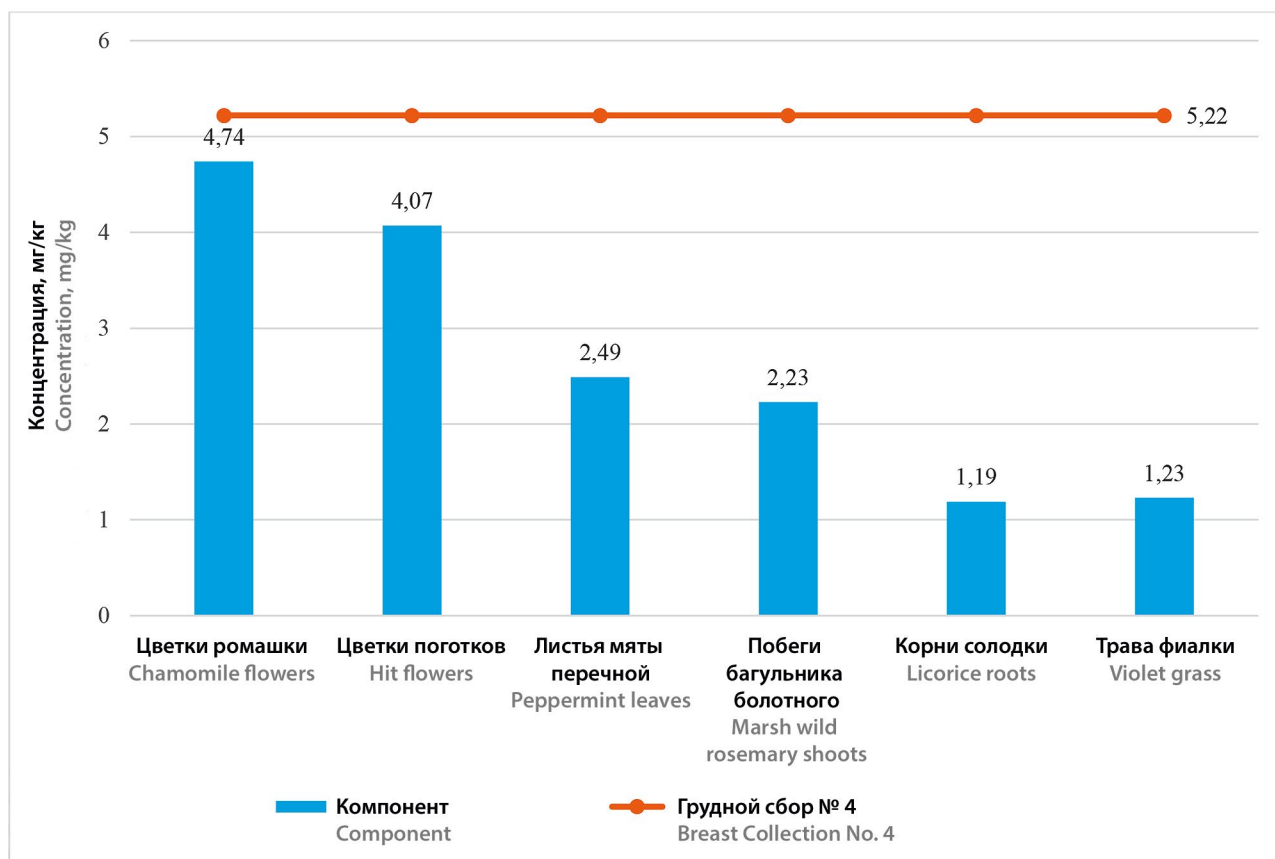


Рисунок 4. Содержание бора в водных извлечениях, мг/кг

Figure 4. The content of B in aqueous extracts, mg/kg

побегов багульника болотного, а в минимальных – из календулы лекарственной цветков. Установлено, что концентрация Ba в настое из багульника болотного побегов в 1,36 раз выше, чем в настоях из грудного сбора № 4.

Содержание Ti в водных извлечениях варьировало в диапазоне 0,03–2,26 мг/кг. Ti найден в максимальных концентрациях в водном извлечении из календулы лекарственной цветков, а в минимальных – из багульника болотного побегов. Исследования показали, что содержание Ti в настое из календулы лекарственной цветков в 3,58 раз выше, чем в настоях из грудного сбора № 4.

Степени перехода элементов из лекарственного растительного сырья в водные извлечения варьировали в диапазонах (в %): Si – 2,14–10,09; Al – 0,74–5,57; B – 11,84–34,22; Sr – 4,69–18,94; Ba – 3,14–8,08; Ti – 0,39–1,16 (таблица 6). Максимальный переход элемента в настой был обнаружен из календулы лекарственной цветков (Si), мяты перечной листьев (Ba), багульника болотного побегов (Al, B, Sr, Ti). Минимальный переход элементов в настой отмечен из солодки корней (Si, Sr), мяты перечной листьев (A, Ti) и календулы лекарственной цветков (B, Ba). Для грудного сбора переход элементов в водные извле-

чения составил: Si – 7,21 %; Al – 2,95 %; B – 39,3 %; Sr – 15,64 %; Ba – 12,87 %; Ti – 2,04 %.

Проведенный анализ показал, что концентрации микроэлементов в лекарственном растительном сырье и препаратах из них варьируют в широких диапазонах в зависимости от вида сырья и производящих растений. Обнаружено, что в местах обитания с экологическими особенностями растения содержат наименьшее количество микроэлементов. Так, в багульнике болотном, произрастающий на болотистых почвах, концентрации Si, Al, B, Sr, Ti были ниже, чем в других видах лекарственного растительного сырья.

В целом для рядов убывания содержания элементов в настоях сохраняются закономерности, характерные и для отдельных компонентов сбора. В частности, в водных извлечениях и отдельных компонентах максимальные концентрации элементов были обнаружены в корнях солодки (Sr), цветках календулы лекарственной (Ti) и побегах багульника болотного (Ba). И в настоях, и в компонентах сбора минимальные концентрации микроэлементов отмечены в побегах багульника болотного (Si, Al, Sr, Ti) и цветках календулы лекарственной (Ba). В рядах убывания содержания элементов сохранялась общая последовательность компонентов сбора.

Таблица 6. Переход микроэлементов в водные извлечения из ЛРС/ЛРП

Table 6. Transition of trace elements to aqueous extracts from raw materials/preparation

ЛРС/ЛРП LRS/LRP	Переход микроэлемента, % Trace element transition, %					
	Si	Al	B	Sr	Ba	Ti
Цветки ромашки аптечной <i>Chamomillae recutita flores</i>	8,06	1,76	16,52	18,5	5,67	0,69
Цветки календулы лекарственной <i>Calendulae officinalis flores</i>	10,09	2,94	11,84	7,51	3,14	2,32
Листья мяты перечной <i>Menthae piperitae folia</i>	4,45	0,74	20,91	16,58	8,08	0,39
Побеги багульника болотного <i>Ledi palustris cormus</i>	5,29	5,57	34,22	18,94	7,65	1,16
Корни солодки <i>Glycyrrhizae radices</i>	2,14	0,82	14,07	4,69	4,21	0,97
Трава фиалки <i>Violae herba</i>	3,74	2,23	13,82	9,11	4,38	1,11
Грудной сбор № 4 <i>Breast collection No. 4</i>	7,21	2,95	39,3	15,64	12,87	2,04

Установлено, что наибольшее количество В содержится в образцах лекарственного растительного сырья, относящемуся к морфологической группе цветки (цветки календулы лекарственной и цветки ромашки аптечной), что согласуется с литературными данными.

Выявлены компоненты грудного сбора № 4, которые вносят наибольший вклад в содержание каждого из элементов: корни солодки накапливают в большом количестве Sr, а цветки календулы лекарственной – Ti.

Установлено, что водные извлечения из отдельных компонентов содержат микроэлементы в 5–10 раз выше, чем из сбора: настоек цветков календулы лекарственной богат Al и Ti, а настои побегов багульника болотного – Ba.

Отмечен наибольший переход элементов для тех видов лекарственного растительного сырья, где со-

держание элемента невелико. Это хорошо видно на примере водных извлечений из багульника, где концентрация большинства элементов была самой низкой (2,94–282,30 мг/кг), а переход в настои наивысшим (0,4–20,9 %). Переход Al и бора из грудного сбора в настои был выше, чем переход из компонентов. Это свидетельствует о том, что с грудным сбором поступает больше данных элементов и он может использоваться при их дефиците.

Согласно Методическим рекомендациям провели расчет поступления в организм человека [11]. Получено, что поступление с настоем из грудного сбора № 4 Si – 13,2 мг/сут, B – 1 мг/сут, что составляет соответственно 264 и 50 % от адекватного уровня потребления (таблица 7). Это позволяет рассматривать грудной сбор № 4 в качестве источника поступления этих микроэлементов в организм человека.

Таблица 7. Разовое и суточное поступление микроэлементов с настоем из грудного сбора № 4

Table 7. Single and daily intake of trace elements with infusion from breast collection No. 4

Элемент Trace elements	Разовое поступление с настоем грудного сбора № 4, мг One-time intake with infusion of breast collection No. 4, mg	Суточное поступление с настоем грудного сбора № 4, мг Daily intake with infusion of breast collection No. 4, mg	Адекватный уровень потребления, мг/сут [11] Adequate level of consumption, mg/day [11]	Процент от адекватного уровня потребления, % Percentage of an adequate level of consumption, %
Кремний Silicium	4,4	13,2	5	264
Бор Borum	0,46	1,38	2	50
Алюминий Aluminum	0,35	1,05	Не установлено Not installed	Не применимо Not applicable
Стронций Strontium	0,54	1,61	Не установлено Not installed	Не применимо Not applicable
Барий Barium	0,31	0,94	Не установлено Not installed	Не применимо Not applicable
Титан Titanium	0,04	0,13	Не установлено Not installed	Не применимо Not applicable

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало высокое содержание микроэлементов, как в грудном сборе № 4, так и в его компонентах. Концентрации изученных элементов в отдельных компонентах варьировали в диапазоне 2,94–1239,24 мг/кг, а в сборе – 13,27–920,67 мг/кг.

Для настоев сохраняются закономерности содержания элементов, характерные и для отдельных компонентов сбора. Концентрации микроэлементов в водных извлечениях из компонентов достигали 86,83 мг/кг, а из сбора – 66,36 мг/кг.

Установлено, что переход минеральных веществ в водные извлечения из грудного сбора № 4 был наибольшим и достигал 39,3 %. При курсовом приеме грудного сбора № 4 может поступать до 264 и 50 % от адекватного уровня потребления Si и В. Полученные данные свидетельствуют о возможности использования грудного сбора № 4 как дополнительного источника микроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Egami F. Minor elements and evolution. *Journal of Molecular Evolution*. 1974;4(2):113–120. DOI: 10.1007/BF01732017.
2. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина; 1991. 496 с.
3. Attar T. A mini-review on importance and role of trace elements in the human organism. *Chemical Review and Letters*. 2020;3(3):117–130. DOI: 10.22034/CRL.2020.229025.1058.
4. Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений. СПб.: Санкт-Петербургского Государственного Университета; 2011. 368 с. (In Russ.)
5. Кульчавеня Е. В. Роль микроэлементов в здоровье и благополучии человека. *Клинический разбор в общей медицине*. 2021;1:58–64.
6. Мансурова Л. А. Физиологическая роль кремния. *Сибирский медицинский журнал*. 2009;90(7):16–18. DOI: 10.22034/CRL.2020.229025.1058.
7. Непомнящих С. Ф. Роль некоторых микроэлементов в метаболизме организма человека. *Редакционная коллегия*. 2016;3:92.
8. Pérez-Granados A. M., Vaquero M. P. Silicon, aluminium, arsenic and lithium: essentiality and human health implications. *Journal of Nutrition Health and Aging*. 2002;6.2:154–162.
9. Лысиков Ю. А. Роль и физиологические основы обмена макро- и микроэлементов в питании человека. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2009;2:120–131.
10. Дыдыкина И. С., Дыдыкина П. С., Алексеева О. Г. Вклад микроэлементов (меди, марганца, цинка, бора) в здоровье кости: вопросы профилактики и лечения остеопении и остеопороза. *Эффективная фармакотерапия*. 2013;38:42–49.
11. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Москва: Федеральный центр госстандартнадзора Минздрава России; 2004. 46 с.
12. Женихов Н. А., Дианова Д. Г. Металлы в окружающей среде и их влияние на здоровье человека. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2017;4:72–74.
13. Exley C. Human exposure to aluminium. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2013;15(10):1807–1816. DOI: 10.1039/c3em00374d.
14. Минтель М. В., Землянова М. А., Жданова-Заплесвичко И. Г. Некоторые аспекты совместного действия алюминия и фтора на организм человека (обзор литературы). *Экология человека*. 2018;9:12–17.
15. Новиков В. С., Шустов Е. Б. Роль минеральных веществ и микроэлементов в сохранении здоровья человека. *Вестник обра-*

зования и развития науки Российской академии естественных наук. 2017;3:5–16. DOI: 10.26163/raen.2021.53.71.001.

16. Багрянцева О. В., Шатров Г. Н., Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Арнаутов О. В. Алюминий: оценка риска для здоровья потребителей при поступлении с пищевыми продуктами. *Анализ риска здоровью*. 2016;1:59–68. DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.07.
17. Полякова Е. В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека. *Экология человека*. 2012;2:9–14. DOI: 10.18411/spc-22-12-2017-15.
18. Nielsen S. Pors. The biological role of strontium. *Bone*. 2004;35(3):583–588. DOI: 10.1016/j.bone.2004.04.026.
19. Чашин В. П., Иванова О. М., Иванова М. А. Медико-экологические аспекты связи расстройств функциональных систем человека с содержанием микроэлементов бария и стронция в организме. Обзор литературы. *Экология человека*. 2019;4:39–47.
20. Schroeder H. A., Isabel H. T., Alexis P. N. Trace metals in man: strontium and barium. *Journal of chronic diseases*. 1972;25(9):491–517. DOI: 10.1016/0021-9681(72)90150-6.
21. Масловская В. М. Биологические свойства титана и его роль в функционировании организма человека и медицине. *Актуальные проблемы современной медицины и фармации*. 2015;1:1531.
22. Kim K. T., Ео M. Y., Nguyen T. T. H., Kim S. M. General review of titanium toxicity. *International journal of implant dentistry*. 2019;5(1):10. DOI: 10.1186/s40729-019-0162-x.
23. Бархина Т. Г., Гущин М. Ю., Гусниев С. А., Польшер С. А., Хайруллин Р. М. Роль макро- и микроэлементов в этиологии и развитии аллергических заболеваний дыхательных путей. *Морфологические ведомости*. 2016;24(3):99–106.
24. Ахмедли К. Н. Особенности дефицита макро- и микроэлементов при дисплазии соединительной ткани. *Современная педиатрия*. 2017;4:117–119. DOI: 10.15574/SP.2017.84.117.
25. Шевцова В. И., Зуйкова А. А., Пашков А. Н. Раннее выявление хронической обструктивной болезни легких-вектор на биомаркеры. *Архивъ внутренней медицины*. 2016;4:47–52. DOI: 10.18411/spc-18-01-2018-12
26. Лучанинова В. Н., Транковская Л. В., Зайко А. А. Характеристика и взаимосвязь элементного статуса и некоторых иммунобиологических показателей у детей, часто болеющих острыми респираторными заболеваниями. *Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского*. 2004;83(4):22–26.
27. Коровина Н. А., Захарова И. Н., Заплатников А. Л., Обычная Е. Г. Коррекция дефицита витаминов и микроэлементов у детей. *Медицинский совет*. 2013;8:94–98.
28. Pohl P., Dzimitrowicz A., Jedryczko D., Szymczycha-Madeja A., Welna M., Jamroz P. The determination of elements in herbal teas and medicinal plant formulations and their tisanes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2016;130:326–335. DOI: 10.1016/j.jpba.2016.01.042.

REFERENCES

1. Egami F. Minor elements and evolution. *Journal of Molecular Evolution*. 1974;4(2):113–120. DOI: 10.1007/BF01732017.
2. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Storchkova L. S. Human trace elements. M.: Medicine; 1991. 496 p. (In Russ.)
3. Attar T. A mini-review on importance and role of trace elements in the human organism. *Chemical Review and Letters*. 2020;3(3):117–130. DOI: 10.22034/CRL.2020.229025.1058.
4. Bitutsky N. P. Trace elements of higher plants. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University; 2011. 368 p. (In Russ.)
5. Kulchavenya E. V. The role of trace elements in human health and well-being. *Clinical analysis in general medicine*. 2021;1:58–64. (In Russ.)
6. Mansurova L. A. The physiological role of silicon. *Siberian Medical Journal*. 2009;90(7):16–18. (In Russ.) DOI: 10.22034/CRL.2020.229025.1058.
7. Nepomnyashchikh S. F. The role of certain trace elements in the metabolism of the human body. *Editorial Board*. 2016;3:92. (In Russ.)
8. Pérez-Granados A. M., Vaquero M. P. Silicon, aluminium, arsenic and lithium: essentiality and human health implications. *Journal of Nutrition Health and Aging*. 2002;6.2:154–162.

9. Lysikov Y. A. The role and physiological basis of the exchange of macro- and microelements in human nutrition. *Experimental and clinical gastroenterology*. 2009;2:120–131. (In Russ.)
10. Dydykina I. S., Dydykina P. S., and Alekseeva O. G. The contribution of trace elements (copper, manganese, zinc, boron) to bone health: issues of prevention and treatment of osteopenia and osteoporosis. *Effective pharmacotherapy*. 2013;38:42–49. (In Russ.)
11. Balanced diet. Recommended levels of consumption of food and biologically active substances. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2004. 46 p. (In Russ.)
12. Grooms N. A., Dianova D. G. Metals in the environment and their impact on human health. *Actual problems of humanities and natural sciences*. 2017;4:72–74. (In Russ.)
13. Exley C. Human exposure to aluminium. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2013;15(10):1807–1816. DOI: 10.1039/c3em00374d.
14. Mintel M. V., Zemlyanova M. A., Zhdanova-Zaplesvichko I. G. Some aspects of the joint action of aluminum and fluorine on the human body (literature review). *Human ecology*. 2018;9:12–17. (In Russ.)
15. Novikov V. S., Shustov E. B. The role of minerals and trace elements in maintaining human health. *Bulletin of Education and Development of Science of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2017;3:5–16. (In Russ.) DOI: 10.26163/raen.2021.53.71.001.
16. Bagriantseva O. V., Shatrov G. N., Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Arnautov O. V. Aluminum: assessment of the risk to consumer health when ingested with food. *Health risk analysis*. 2016;1:59–68. (In Russ.) DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.07.
17. Polyakova E. V. Strontium in the water supply sources of the Arkhangelsk region and its effect on the human body. *Human ecology*. 2012;2:9–14. (In Russ.) DOI: 10.18411/spc-22-12-2017-15.
18. Nielsen S. Pors. The biological role of strontium. *Bone*. 2004;35(3): 583–588. DOI: 10.1016/j.bone.2004.04.026.
19. Chashchin V. P., Ivanova O. M., Ivanova M. A. Medical and ecological aspects of the relationship of disorders of human functional systems with the content of trace elements barium and strontium in the body. Literature review. *Human ecology*. 2019;4:39–47. (In Russ.)
20. Schroeder H. A., Isabel H. T., Alexis P. N. Trace metals in man: strontium and barium. *Journal of chronic diseases*. 1972;25(9):491–517. DOI: 10.1016/0021-9681(72)90150-6.
21. Maslovskaya V. M. Biological properties of titanium and its role in the functioning of the human body and medicine. *Actual problems of modern medicine and pharmacy*. 2015;1:1531. (In Russ.)
22. Kim K. T., Eo M. Y., Nguyen T. T. H., Kim S. M. General review of titanium toxicity. *International journal of implant dentistry*. 2019;5(1):10. DOI: 10.1186/s40729-019-0162-x.
23. Barkhina T. G., Gushchin M. Yu., Gusniev S. A., Polner S. A., Khayrullin R. M. The role of macroand microelements in etiology and development of allergic diseases of respiratory ways. *Morphological newsletter*. 2016;24(3):99–106. (In Russ.)
24. Akhmedli K. N. Features of macro- and microelement deficiency in connective tissue dysplasia. *Modern pediatrics*. 2017;4:117–119. (In Russ.) DOI: 10.15574/SP.2017.84.117.
25. Shevtsova V. I., Zuikova A. A., Pashkov A. N. Early detection of chronic obstructive pulmonary disease is a vector for biomarkers. *Archive of Internal Medicine*. 2016;4:47–52. (In Russ.) DOI: 10.18411/spc-18-01-2018-12
26. Luchaninova V. N., Trankovskaya L. V., Zaiko A. A. Characteristics and interrelation of the elemental status and some immunobiological indicators in children often suffering from acute respiratory diseases. *Pediatrics. The journal named after G. Speransky*. 2004;83(4):22–26. (In Russ.)
27. Korovina N. A., Zakharova I. N., Platnikov A. L., Obynochnaya E. G. Correction of vitamin and trace element deficiency in children. *Medical advice*. 2013;8:94–98. (In Russ.)
28. Pohl P., Dzimitrowicz A., Jedryczko D., Szymczycha-Madeja A., Welna M., Jamroz P. The determination of elements in herbal teas and medicinal plant formulations and their tisanes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2016;130:326–335. DOI: 10.1016/j.jpba.2016.01.042.