



В.В. Чевидаев<sup>1</sup>   
Д.О. Боков<sup>1,2</sup>   
И.В. Гравель<sup>1</sup>   
И.А. Самылина<sup>1</sup> 

## Исследование элементного состава грудного сбора № 2 и его компонентов

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Устьинский пр-д, д. 2/14, Москва, 109240, Российская Федерация

✉ Чевидаев Владимир Викторович; [chevidaev\\_v\\_v@staff.sechenov.ru](mailto:chevidaev_v_v@staff.sechenov.ru)

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Влияние антропогенных факторов на содержание токсичных элементов в растениях актуализирует необходимость мониторинга их содержания в лекарственном растительном сырье и препаратах на его основе. Кроме того, исследование элементного состава лекарственных растительных препаратов позволит определить их потенциал в терапии нарушений элементного обмена (макро- и микроэлементозы).

**ЦЕЛЬ.** Определение элементного состава и содержания тяжелых металлов в грудном сборе № 2 и его компонентах.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Для проведения исследований использовали промышленные образцы грудного сбора № 2 и его компонентов: мать-и-мачехи обыкновенной листьев, подорожника большого листьев, солодки корней, приобретенных в аптечной сети г. Москвы. Элементный состав объектов исследования определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) после предварительной минерализации проб в присутствии кислоты азотной концентрированной. Калибровку проводили в диапазоне 0,5–1,5 от предельно допустимой концентрации каждого элемента.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В грудном сборе № 2 и его компонентах идентифицировано и количественно определено содержание 26 элементов. Показано, что содержание тяжелых металлов в исследуемом сборе и его компонентах не превышало допустимых норм. Выявлены преобладающие макроэлементы: калий, кальций, магний; микроэлементы: железо, алюминий, стронций; ультрамикроэлементы: барий, никель, хром. Определен вклад каждого из компонентов сбора в суммарное содержание элементов в грудном сборе № 2.

**ВЫВОДЫ.** Наибольшее влияние на содержание макро-, микро- и ультрамикроэлементов в сборе оказывает компонент мать-и-мачехи обыкновенной листья. Компонент подорожника большого листья вносит наибольший вклад в содержание в грудном сборе № 2 цинка, серебра, никеля. Превалирующим содержанием стронция и молибдена характеризуются солодки корни.

**Ключевые слова:** грудной сбор № 2; листья мать-и-мачехи обыкновенной; листья подорожника большого; корни солодки; макроэлементы; микроэлементы; ультрамикроэлементы; тяжелые металлы; мышьяк; ИСП-МС; масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

**Для цитирования:** Чевидаев В.В., Боков Д.О., Гравель И.В., Самылина И.А. Исследование элементного состава грудного сбора № 2 и его компонентов. *Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств.* 2024;14(2):171–180. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-566>

**Финансирование.** Работа выполнена без спонсорской поддержки.

**Потенциальный конфликт интересов.** И.А. Самылина и И.В. Гравель – члены редакционной коллегии журнала «Вестник НЦЭСМП. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств» с 2021 г. Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vladimir V. ChevidaeV<sup>1</sup>    
Dmitry O. Bokov<sup>1,2</sup>   
Irina V. Gravel<sup>1</sup>   
Irina A. Samylina<sup>1</sup> 

## Study of the Elemental Composition of Pectoral Species No. 2 and Its Components

<sup>1</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),  
8/2 Trubetskaya St., Moscow 119991, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety,  
2/14 Ustinsky Psge, Moscow 109240, Russian Federation

✉ Vladimir V. ChevidaeV; [chevidaeV\\_v\\_v@staff.sechenov.ru](mailto:chevidaeV_v_v@staff.sechenov.ru)

### ABSTRACT

**INTRODUCTION.** The influence of anthropogenic factors on the content of toxic elements in plants increases the need for monitoring the content of toxic elements in medicinal plant raw materials and the corresponding herbal medicinal products. In addition, studying the elemental composition of herbal medicinal products will help determine their potential in the treatment of elemental metabolism disorders (macro- and micro-elementoses).

**AIM.** This study aimed to determine the elemental composition and the heavy metal content in Pectoral Species No. 2 and its components.

**MATERIALS AND METHODS.** The study used Pectoral Species No. 2 and its components, including common coltsfoot (*Tussilago farfara* L.) leaf, greater plantain (*Plantago major* L.) leaf, and liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L., *G. uralensis* Fisch.) root. The samples were manufactured by Krasnogorskleksredstva JSC and purchased at Moscow pharmacies. To determine the elemental composition, the study samples were digested with concentrated nitric acid and analysed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The calibration involved using concentrations ranging from 0.5 to 1.5 times the maximum permissible concentration for each element.

**RESULTS.** This study identified and quantified 26 elements in Pectoral Species No. 2 and its components. The content of heavy metals was within the permissible concentrations. The study established the predominant macronutrients (potassium, calcium, and magnesium), micronutrients (iron, aluminium, and strontium), and ultramicro-nutrients (barium, nickel, and chromium) in Pectoral Species No. 2. The authors evaluated the contributions of each herbal drug to the total element content in the medicinal product.

**CONCLUSIONS.** Coltsfoot leaf exerts the greatest influence on the content of macro-, micro-, and ultramicro-nutrients in Pectoral Species No. 2. Greater plantain leaf contributes the most to the zinc, silver, and nickel content. Liquorice root has the highest strontium and molybdenum content.

**Keywords:** Pectoral Species No. 2; coltsfoot leaf; greater plantain leaf; liquorice root; macronutrients; micronutrients; ultramicro-nutrients; heavy metals; arsenic; ICP-MS; inductively coupled plasma mass spectrometry

**For citation:** ChevidaeV V.V., Bokov D.O., Gravel I.V., Samylina I.A. Study of the elemental composition of Pectoral Species No. 2 and its components. *Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation*. 2024;14(2):171–180. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-566>

**Funding.** The study was performed without external funding.

**Disclosure.** Irina A. Samylina and Irina V. Gravel have been members of the Editorial Board of *Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation* since 2021. The other authors declare no conflict of interest.

### ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами вследствие антропогенного

воздействия (добычи полезных ископаемых, сброса сточных вод, внесения удобрений) может привести к ухудшению экологической

обстановки в районах заготовки лекарственного растительного сырья (ЛРС) и накоплению в нем экотоксикантов, что определяет необходимость контроля токсичных соединений в ЛРС и препаратах из него. Накопление тяжелых металлов в почве негативно влияет на ее состав, изменяя рН почвы и соотношение незаменимых/заменимых элементов почвы [1, 2]. Превышение предельно допустимого содержания (ПДК) тяжелых металлов в продуктах, в том числе растительном сырье и препаратах на его основе, приводит к тяжелым заболеваниям, связанным с нарушением обмена веществ [3]. Контроль и нормирование содержания тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС проводят в соответствии с требованиями Государственной фармакопеи Российской Федерации XV изд. (ГФ РФ XV): свинец – 6,0 мг/кг, кадмий – 1,0 мг/кг, ртуть – 0,1 мг/кг, мышьяк – 0,5 мг/кг<sup>1</sup>. Однако даже при отсутствии превышения указанных норм содержания этих четырех элементов присутствие прочих, не нормируемых согласно ГФ РФ XV элементов может представлять потенциальную угрозу для здоровья человека при длительном применении лекарственных растительных препаратов (ЛРП).

Кроме того, сведения об элементном составе растений, используемых в фармацевтической практике, могут быть использованы при составлении диет, а также в комплексной терапии заболеваний, связанных с нарушениями минерального обмена.

При назначении в качестве терапевтического или профилактического средства ЛРП, в том числе многокомпонентные, востребованы благодаря своей эффективности и безопасности. Одним из многокомпонентных ЛРП, представленных на российском фармацевтическом рынке, является грудной сбор № 2 (ГС № 2), содержащий листья мать-и-мачехи (40%), листья подорожника (30%), корни солодки (30%). Фармакопейные статьи на ЛРС каждого из компонентов сбора включены в ГФ РФ XIV. Прием ГС № 2 в виде настоя рекомендован для лечения воспалительных заболеваний дыхательных путей, сопровождающихся кашлем с затрудненным отделением мокроты (в том числе бронхитов и трахеитов)<sup>2</sup>. Было установлено, что при настаивании значительное количество элементных примесей переходит в водную фазу [4, 5]. Таким образом, элементный состав целевой лекарственной формы

ГС № 2 будет во многом зависеть от элементного состава компонентов этого ЛРП.

Исследования элементного состава ГС № 2 в научной литературе ограничены, однако для отдельных компонентов ГС № 2 такие сведения имеются. Так, в листьях мать-и-мачехи обыкновенной идентифицированы калий (31810–33190 мг/кг) кальций (15800–19010 мг/кг), магний (2110–2210 мг/кг), натрий (567–601 мг/кг), алюминий (636–909 мг/кг), железо (144,10–305,40 мг/кг), стронций (54,00–165,00 мг/кг), марганец (9,00–97,51 мг/кг), цинк (18,00–28,23 мг/кг), медь (1,00–14,57 мг/кг), никель (1,00–48,00 мг/кг), кобальт (0,54 мг/кг), хром (0,60 мг/кг)<sup>3</sup> [6, 7].

В экстрактах подорожника большого листьев методом пламенной атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) обнаружены натрий (44700 мг/кг), кальций (13500 мг/кг), калий (10360 мг/кг), магний (6340 мг/кг), железо (100,72–290,00 мг/кг), марганец (6340 мг/кг), цинк (27,37–70,00 мг/кг), медь (7,19 мг/кг), никель (0,03 мг/кг) [8, 9].

Минеральный состав корней солодки представлен калием (1470–11230 мг/кг), кальцием (1200–12570 мг/кг), магнием (200,00–4735,10 мг/кг), натрием (21,00–1804,80 мг/кг), железом (60–550 мг/кг), алюминием (132–1080 мг/кг) марганцем (12,50–44,00 мг/кг), цинком (10,28–29,00 мг/кг), медью (1,00–10,00 мг/кг), стронцием (152–250 мг/кг), кобальтом (0,06–0,22 мг/кг), хромом (1,20–3,00 мг/кг), никелем (1,78–3,00 мг/кг) [10–13].

Часто используемыми в аналитической практике методами определения элементного состава при оценке качества ЛРС и ЛРП являются атомно-абсорбционная спектроскопия с различными модификациями, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), рентгеновская флуоресцентная спектроскопия (РФС, РФА) [14–19].

Цель работы – определение элементного состава и содержания тяжелых металлов в грудном сборе № 2 и его компонентах.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения испытания были использованы образцы ЛРП, приобретенных в аптечной сети

<sup>1</sup> ОФС.1.5.3.0009 Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. 2023.

<sup>2</sup> Государственный реестр лекарственных средств. <https://grls.rosminzdrav.ru/>

<sup>3</sup> Гравель ИВ, Шойхет ЯН, Яковлев ГП. Фармакогнозия. Экотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013.

г. Москвы: ГС № 2, подорожника большого листья, мать-и-мачехи обыкновенной листья и солодки корни, имеющие на момент проведения анализа остаточный срок годности не менее полугода.

Для оценки содержания минеральных веществ, в том числе тяжелых металлов и мышьяка в ГС № 2 и его компонентах, был выбран метод ИСП-МС, основанный на измерении отношения массы заряженных частиц к величине их заряда с предварительной ионизацией в индуктивно-связанной плазме. Образцы ЛРС и ГС № 2 измельчали до состояния однородного порошка и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Затем отбирали пробы массой 1 г (точная навеска), помещали в сосуд для микроволнового разложения, добавляли 10 мл кислоты азотной концентрированной (Fisher Chemical) и проводили разложение с помощью микроволновой системы Ethos UP (Milestone) при максимальной температуре 165 °С. После охлаждения растворы фильтровали через фильтр «синяя лента» в мерные колбы вместимостью 25 мл, доводили объем раствора до метки водой деионизованной, очищенной на установке Milli-Q Integral 3 (Millipore), и тщательно перемешивали. Количественное определение содержания тяжелых металлов и мышьяка проводили с использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 (Agilent Technologies). Мощность высокочастотного генератора плазмы – 1500 Вт, поток плазменного газа (аргон) – 15 л/мин, поток газа-распылителя (аргон) – 1,0 л/мин, скорость подачи пробы – 0,10 об./мин, количество повторностей – 5, время интегрирования – 0,1 с. Калибровку проводили в диапазоне 0,5–1,5 ПДК для каждого элемента. Для каждого образца готовили по три параллельных испытуемых раствора. Итоговые величины концентраций определяли как среднее арифметическое измеренных значений [20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Метод ИСП-МС позволяет анализировать элементы в широком диапазоне их содержания в пробе, в том числе элементы с высокими потенциалами ионизации (например, вольфрам). Пределы обнаружения элементов в образцах ЛРС и ЛРП этим методом достигают 0,5 мкг/л, а предел количественного определения 2–20 мкг/л [21]. В результате анализа в ГС № 2 и его компонентах было выявлено 26 элементных примесей (табл. 1).

Полученные результаты показали, что ГС № 2 имеет богатый элементный состав. Макроэлементами с наибольшим содержанием яв-

ляются калий, кальций и магний. Следует отметить, что препараты с высоким содержанием магния могут благоприятно влиять на состояние пациентов с респираторными заболеваниями, сопровождающимися спазмом мышц дыхательных органов, например при бронхитах [22].

Во всех исследуемых объектах преобладающим элементом был калий, однако стоит отметить высокое содержание кальция в мать-и-мачехи обыкновенной листьях. В корнях солодки найденное содержание калия, кальция, магния, натрия, алюминия, меди, железа, марганца, стронция, цинка, кобальта, хрома, никеля было значительно ниже, чем значения, указанные в литературе [10–13]. Также и для мать-и-мачехи обыкновенной листьев диапазоны концентраций калия, кальция, магния, натрия, алюминия, меди, железа, марганца, стронция, цинка, кобальта, хрома, никеля, указанные в литературе [6, 7], значительно превышали полученные в эксперименте результаты анализа (табл. 1). Содержание никеля в подорожника большого листьях было выше значения, указанного в литературе (0,03 мг/кг), при значительно меньшем содержании остальных элементов [8, 9]. Такие расхождения с литературными данными могут быть объяснены почвенными, географическими, климатическими особенностями региона заготовки ЛРС.

На масс-спектрах исследуемых образцов идентифицированы сигналы, соответствующие тяжелым металлам и мышьяку (рис. 1). Содержание тяжелых металлов и мышьяка во всех образцах не превышало норм содержания согласно ГФ РФ XV. Наиболее экологически чистыми были солодки корни.

На основании полученных данных был составлен ряд накопления элементов в порядке уменьшения средних значений их количественного содержания в ЛРП (табл. 2).

Убывающие последовательности макроэлементов совпадали как в ГС № 2, так и в его компонентах. Ряды накопления макроэлементов для мать-и-мачехи обыкновенной листьев и солодки корней подтверждаются данными литературы [6, 13].

Ряды накопления микроэлементов и ультрамикроэлементов варьировали у разных объектов в зависимости от вида производящего растения, морфологической группы ЛРС, вклада ЛРС в содержание элементов в ГС № 2. В частности, алюминий в наибольшей степени накапливался в подорожника большого листьях, железо – в мать-и-мачехи обыкновенной листьях и ГС № 2,

Таблица 1. Результаты количественного определения элементов в грудном сборе № 2 и его компонентах

Table 1. Results of element content determination in Pectoral Species No. 2 and its components

Элемент Element	Содержание элемента в пробе ( $\bar{x} \pm \Delta x$ при $n=3$ ), мг/кг Element content in samples ( $\bar{x} \pm \Delta x$ with $n=3$ ), mg/kg			
	Мать-и-мачехи обыкновенной листья Coltsfoot leaf	Подорожника большого листья Greater plantain leaf	Солодки корни Liquorice root	Грудной сбор № 2 Pectoral Species No. 2
K	2794,17±110,33	1802,58±9,11	1111,90±6,32	2243,00±22,38
Ca	1219,52±74,45	791,82±66,36	391,32±1,04	885,03±17,89
Mg	194,37±12,73	131,58±14,59	156,78±5,74	158,59±2,92
Na	7,34±0,24	2,71±0,09	17,62±0,13	18,88±1,23
Al	24,82±2,97	25,93±5,35	5,7±2,3	14,75±1,82
B	1,19±0,08	0,74±0,16	0,88±0,05	1,01±0,07
Cu	0,29±0,01	0,29±0,01	0,250±0,009	0,29±0,01
Fe	28,11±0,83	15,39±0,21	4,81±0,11	18,03±0,34
Mn	2,03±0,10	1,42±0,16	0,58±0,01	1,62±0,18
Sr	4,82±0,14	3,21±0,12	28,87±0,48	11,71±0,03
Zn	0,90±0,03	0,92±0,03	0,260±0,008	0,87±0,02
Ag	0,010±0,001	0,0700±0,0001	<0,001	0,0010±0,0001
Ba	0,690±0,016	2,680±0,074	0,320±0,032	1,290±0,021
Co	0,040±0,002	0,010±0,002	0,0100±0,0006	0,030±0,001
Cr	0,220±0,032	0,040±0,009	0,030±0,002	0,110±0,014
Ga	0,010±0,001	0,010±0,001	0,0010±0,0007	0,004±0,001
Li	0,090±0,005	0,050±0,009	0,040±0,003	0,060±0,004
Mo	0,050±0,001	0,010±0,002	0,050±0,002	0,060±0,005
Ni	0,080±0,031	0,300±0,022	0,0500±0,0025	0,18±0,08
Se	0,080±0,013	<0,001	<0,001	0,050±0,007
Pd	0,0100±0,0004	0,0020±0,0003	0,0300±0,0006	0,010±0,006
V	0,060±0,005	0,030±0,002	0,030±0,002	0,040±0,003
As	0,0100±0,0009	0,0100±0,0006	0,0100±0,0002	0,0100±0,0009
Cd	0,0100±0,0006	0,0040±0,0006	<0,001	0,0030±0,0003
Hg	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Pb	0,0100±0,0004	0,0100±0,0004	0,0030±0,0003	0,0100±0,0006

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Примечание.  $n$  – число параллельных проб.

Note.  $n$ , number of parallel samples.

стронций – в солодки корнях. Замыкающим элементом рядов накопления во всех объектах является медь. В корнях солодки бор представлен в большем количестве относительно марганца. Противоположная последовательность наблюдается в остальных объектах исследования. Подорожника большого листья в отличие от остальных объектов накапливают больше цинка, чем бора.

Наибольшей вариативности достигали ряды накопления ультрамикроразнообразных элементов. Во всех объектах выявлена закономерность, заключающаяся в наиболее высокой степени накопления бария относительно других ультрамикроразнообразных элементов. В подорожника большого листьях в большей степени относительно других элементов накапливается серебро, в мать-и-мачехи обыкновенной листьях – селен. Место палладия

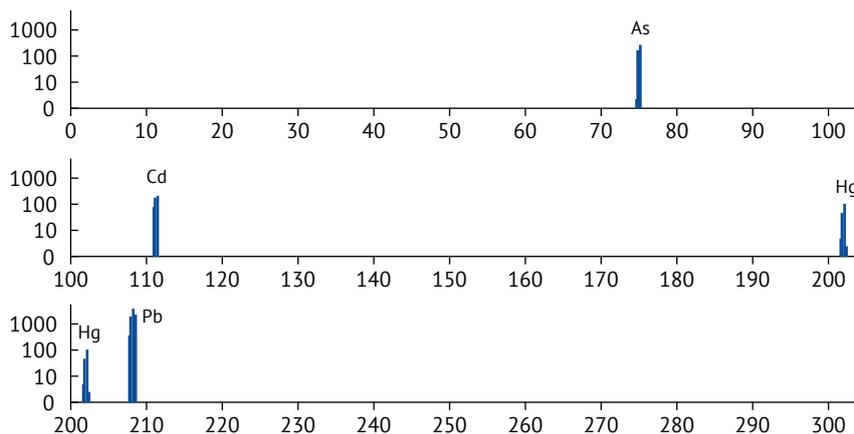


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

Рис. 1. Масс-спектры грудного сбора № 2

Fig. 1. Mass spectra of Pectoral Species No. 2

в ряду накопления ультрамикроэлементов солодки корней значительно выше, чем у остальных объектов.

Наиболее богат калием, кальцием и магнием компонент мать-и-мачехи обыкновенной листья. Следовательно, наибольший вклад в содержание данных элементов в сборе вносит именно этот компонент. Высокое относительно других компонентов сбора содержание калия и кальция подтверждается данными, приведенными в литературе [8, 12, 13]. Содержание натрия в компонентах сбора в 7–1030 раз ниже относительно содержания других макроэлементов (рис. 2).

При исследовании микроэлементного состава компонентов сбора было обнаружено высокое содержание алюминия в мать-и-мачехи обыкновенной

листьях и подорожника большого листьях, железа в мать-и-мачехи обыкновенной листьях и стронция в солодки корнях. В настоящее время не существует нормативной документации, регламентирующей значения показателей этих элементов в ЛРС. Согласно методическим рекомендациям Роспотребнадзора<sup>4</sup> суточная физиологическая потребность в железе составляет 10–18 мг/сут. Таким образом, содержание железа в исследуемых ЛРП с учетом особенностей способа их применения и дозы, указанных в инструкции по медицинскому применению, не превышает суточной нормы. Наибольшее содержание микроэлементов бора и марганца обнаружено в мать-и-мачехи обыкновенной листьях. Подорожника большого листья вносят наибольший вклад в содержание цинка в ГС № 2 (рис. 3).

Таблица 2. Ряды накопления элементов в лекарственных растительных препаратах

Table 2. Order of element accumulation in herbal medicinal products

Мать-и-мачехи обыкновенной листья <i>Coltsfoot leaf</i>	Подорожника большого листья <i>Greater plantain leaf</i>	Солодки корни <i>Liquorice root</i>	Грудной сбор № 2 <i>Pectoral Species No. 2</i>
Макроэлементы / <i>Macronutrients</i>			
K > Ca > Mg > Na	K > Ca > Mg > Na	K > Ca > Mg > Na	K > Ca > Mg > Na
Микроэлементы / <i>Micronutrients</i>			
Fe > Al > Sr > Mn > B > Zn > Cu	Al > Fe > Sr > Mn > Zn > B > Cu	Sr > Al > Fe > B > Mn > Zn > Cu	Fe > Al > Sr > Mn > B > Zn > Cu
Ультрамикроэлементы / <i>Ultramicronutrients</i>			
Ba > Cr > Li > Ni > Se > V > Mo > Co > Ag > Ga > Pd	Ba > Ni > Ag > Li > Cr > V > Co > Mo > Ga > Pd > Se	Ba > Mo > Ni > Li > Pd > V > Cr > Co > Ga > Ag > Se	Ba > Ni > Cr > Mo > Li > Se > V > Co > Pd > Ga > Ag

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

<sup>4</sup> МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2021.

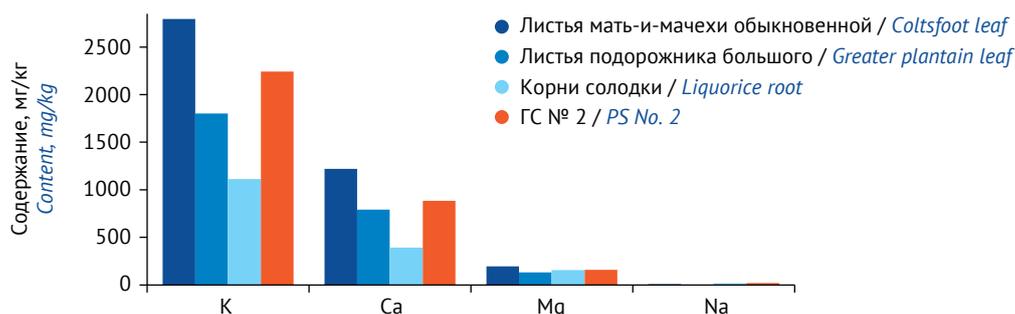


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

**Рис. 2.** Содержание макроэлементов в грудном сборе № 2 (ГС № 2) и его компонентах

**Fig. 2.** Macronutrient content in Pectoral Species No. 2 (PS No. 2) and its components

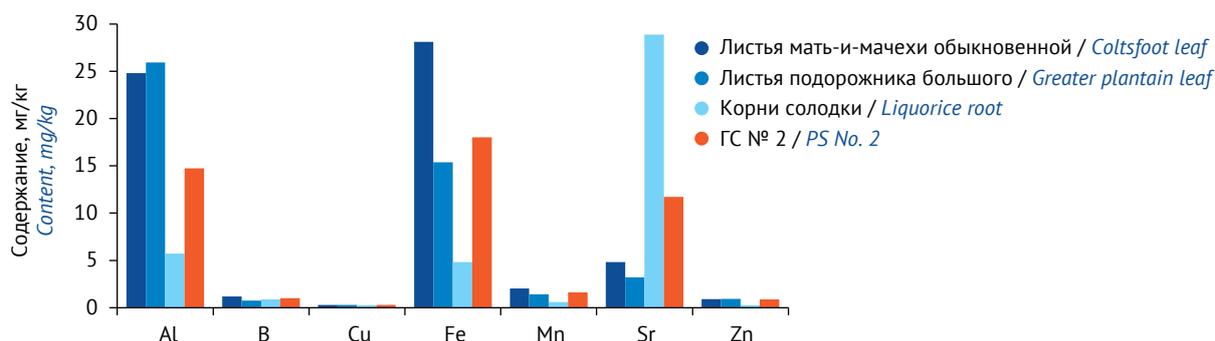


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

**Рис. 3.** Содержание микроэлементов в грудном сборе № 2 (ГС № 2) и его компонентах

**Fig. 3.** Micronutrient content in Pectoral Species No. 2 (PS No. 2) and its components

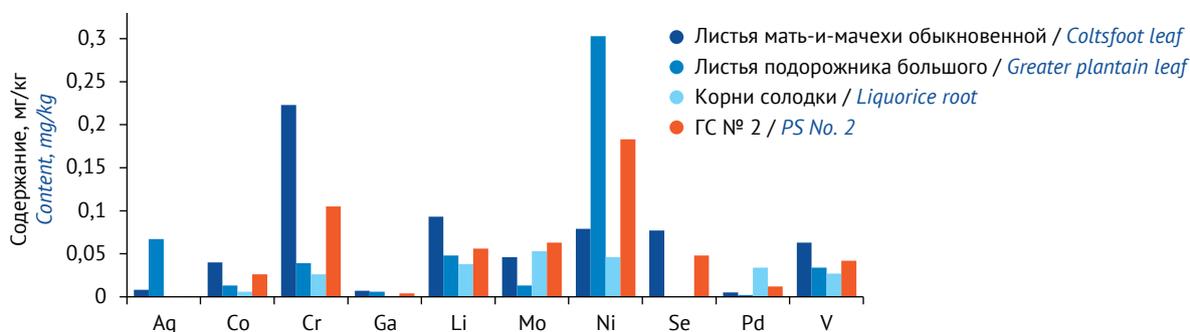


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure is prepared by the authors using their own data

**Рис. 4.** Содержание ультрамикроэлементов в грудном сборе № 2 (ГС № 2) и его компонентах

**Fig. 4.** Ultramicroelement content in Pectoral Species No. 2 (PS No. 2) and its components

Концентрация ультрамикроэлемента бария в исследуемых ЛРП в несколько раз превышает концентрации остальных ультрамикроэлементов, достигая наибольшего содержания в подорожника большого листьях (2,68 мг/кг). Кроме того, листья подорожника обладают преобладающим содержанием серебра и никеля относительно других компонентов. Молибден в наибольшем количестве обнаружен в солодки корнях. Наибольшее содержание остальных ультрамикроэлементов обнаружено в мать-и-мачехи обыкновенной листьях (рис. 4). Богатый

элементный состав ГС № 2 обусловлен в основном элементным составом мать-и-мачехи обыкновенной листьев.

Ранее было установлено, что совокупность таких факторов, как фаза развития растения, морфологическая группа ЛРС, условия произрастания производящих растений, обуславливает вариативность содержания как макро-, так и микроэлементов [23, 24]. Возникает необходимость определить зависимость содержания элементов от вида растения и его морфологической группы в исследуемых образцах. Данные

о вкладе каждого из компонентов в суммарное содержание элементов в ГС № 2 представлены в таблице 3.

Наибольшим вкладом относительно других компонентов (табл. 3) в содержание калия, кальция, магния, алюминия, бора, меди, железа, марганца, цинка, кобальта, хрома, галлия, лития, молибдена, селена, ванадия в сборе обладают мать-и-мачехи листья обыкновенной; серебра, бария, никеля – подорожника большого листья; натрия, стронция, палладия – солодки корни.

В состав ГС № 2 входит ЛРС двух морфологических групп (листья и корни). Концентрация

в подземных органах таких элементов, как кальций, алюминий, железо, цинк, марганец, алюминий, цинк, серебро, барий, кобальт хром, галлий, селен, ванадий, в несколько раз ниже концентрации этих элементов в листьях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что грудной сбор № 2 имеет богатый минеральный состав, в том числе макроэлементов, благодаря их высокому содержанию в компонентах сбора. Наибольшее содержание калия, кальция, магния в сборе обеспечивает компонент мать-и-мачехи обыкновенной листья. Наибольший вклад в содержание натрия обеспечивают солодки корни.

Таблица 3. Вклад каждого из компонентов сбора в содержание элементов в грудном сборе № 2 с учетом заявленного состава сбора

Table 3. Contribution of each component of Pectoral Species No. 2 to the element content in the medicinal product, calculated based on the labelled composition

Элемент <i>Element</i>	Содержание элемента, мг/кг <i>Element content, mg/kg</i>		
	Мать-и-мачехи обыкновенной листья (40%) <i>Coltsfoot leaf (40%)</i>	Подорожника большого листья (30%) <i>Greater plantain leaf (30%)</i>	Солодки корни (30%) <i>Liquorice root (30%)</i>
Макроэлементы / <i>Macronutrients</i>			
K	1117,67	540,77	333,57
Ca	487,81	237,55	117,40
Mg	77,75	39,47	47,03
Na	2,94	0,81	5,29
Микроэлементы / <i>Micronutrients</i>			
Al	9,93	7,78	1,71
B	0,48	0,22	0,26
Cu	0,11	0,09	0,08
Fe	11,24	4,62	1,44
Mn	0,81	0,43	0,17
Sr	1,93	0,96	8,66
Zn	0,36	0,28	0,08
Ультрамикроэлементы / <i>Ultramicronutrients</i>			
Ag	0,003	0,02	<0,001
Ba	0,28	0,80	0,10
Co	0,02	0,004	0,002
Cr	0,09	0,01	0,0078
Ga	0,003	0,002	<0,001
Li	0,04	0,01	0,01
Mo	0,02	0,004	0,02
Ni	0,03	0,09	0,01
Se	0,03	<0,001	<0,001
Pd	0,002	0,001	0,01
V	0,03	0,01	0,01

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

Отмечена ведущая роль мать-и-мачехи обыкновенной листьев в формировании микроэлементного и ультрамикроэлементного состава грудного сбора № 2. Компонент подорожника большого листа вносит наибольший вклад в содержание в грудном сборе № 2 цинка, серебра, никеля. Превалирующее содержание стронция и молибдена было отмечено для соевого корня.

Концентрации тяжелых металлов и мышьяка в исследуемых объектах не превышали норм предельного содержания согласно ОФС.1.5.3.0009 «Определение содержания тя-

желых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» Государственной фармакопеи Российской Федерации XV изд.

Определен вклад каждого из компонентов сбора в содержание элементов в грудном сборе № 2 с учетом заявленного состава сбора. Наибольший вклад в содержание большинства элементов (20 из 26) принадлежит компоненту мать-и-мачехи обыкновенной листьям, по отдельным элементам – подорожника большого листьям (серебро, барий, никель), соевого корня (натрий, стронций, палладий).

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gill M. Heavy metal stress in plants: a review. *Int J Adv Res.* 2014;2(6):1043–55.
- Ghori N-H, Ghori T, Hayat MQ, Imadi SR, Gul A, Altay V, Ozturk M. Heavy metal stress and responses in plants. *Int J Environ Sci Technol (Tehran).* 2019;16:1807–28. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02215-8>
- Draszawka-Botzan B. Effect of heavy metals on living organisms. *World Sci News.* 2014;(5):26–34.
- Григорьева ЛМ, Гареева АМ, Ваганов МД, Мезенцева ИА. Изучение загрязнения лекарственных растений тяжелыми металлами в Тюменской области. *Международный научно-исследовательский журнал.* 2021;(8):147–52. Grigoryeva LM, Gareeva AM, Vaganov MD, Mezentseva IA. A study of contamination of medicinal plants with heavy metals in Tyumen oblast. *International Research Journal.* 2021;(8):147–52 (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.110.8.024>
- Дьякова НА. Особенности трансмедового перехода тяжелых металлов и мышьяка по цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения». *Человек и его здоровье.* 2023;26(1):64–71. Dyakova NA. Peculiarities of heavy metal and arsenic trans-medium transition along the chain “soil – medicinal plant material – water extracts”. *Humans and Their Health.* 2023;26(1):64–71 (In Russ.). <https://doi.org/10.21626/vestnik/2023-1/08>
- Szentmihályi K, May Z, Süle K, Then M. Mineral content of some herbs and plant extracts with anti-inflammatory effect used in gastrointestinal diseases. *Orv Hetil.* 2013;154(14):53–43. <https://doi.org/10.1556/oh.2013.29578>
- Ghosh J, Midday M, Maity D. *Tussilago farfara L.*, a promising ethnomedicinal plant of Sikkim. *Explor Anim Med Res.* 2017;7(1):100–3.
- Turgumbayeva A, Zhakipbekov K, Shimirova Z, Akhelova S, Amirkhanova A, Koilybayeva M, et al. Study of phytochemical compounds of *Plantago major* leaves grown in Kazakhstan. *Pharmacia.* 2022;69(4):1019–26. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.69.e96526>
- Ştef DS, Gergen I, Stef L, Harmanescu M, Pop C, Druga M, et al. Determination of the macro elements content of some medicinal herbs. *Sci Papers: Anim Sci Biotechnol.* 2010;43(1):122–6.
- El-Hadidy EM, Morsi MK, El-Magoli SB, Saleh NT, Barakat HA. Study of antioxidants and anticancer activity licorice *Glycyrrhiza glabra* extracts. *EJNF.* 2008;(2):177–203.
- Ercişli S, Coruh I, Gormez AA, Sengul M, Bilen S. Total phenolics, mineral contents, antioxidant and antibacterial activities of *Glycyrrhiza glabra L.* roots grown wild in Turkey. *Ital J Food Sci.* 2008;20(1):91–9.
- Ферубко ЕВ, Зеленков ВН, Чупарина ЕВ, Даргаева ТД. Изучение элементного состава сбора антигепатотоксического действия и входящих в него компонентов. В кн.: *II Международная научная конференция «Роль метаболомики в совершенствовании биотехнологических средств производства» по направлению «Метаболомика и качество жизни».* М.: ФГБНУ ВИЛАР; 2019. С. 72–6. Ferubko EV, Zelenkov VN, Chuparina EV, Dargaeva TD. The study of elemental composition of an anti-hepatotoxic herbal tea and its components. In: *II International scientific conference “The role of metabolomics in the improvement of biotechnological means of production” in the direction of “Metabolomics and quality of life”.* Moscow: VILAR; 2019. P. 72–6 (In Russ.).
- Shikov AN, Shikova VA, Whaley AO, Burakova MA, Flisyuk EV, Whaley AK, et al. The ability of acid-based natural deep eutectic solvents to co-extract elements from the roots of *Glycyrrhiza glabra L.* and associated health risks. *Molecules.* 2022;27(22):7690. <https://doi.org/10.3390/molecules27227690>
- Magalhaes Aleluia AC, de Souza Nascimento M, Pinto dos Santos AM, Lopes dos Santos WN, de Freitas Santos Jr A, Costa Ferreira SL. Analytical approach of elemental impurities in pharmaceutical products: a worldwide review. *Spectrochim Acta Part B At Spectrosc.* 2023;205:106689. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2023.106689>
- dos Santos GM, Pozebon D, Cerveira C, de Moraes DP. Inorganic arsenic speciation in rice products using selective hydride generation and atomic absorption spectrometry (AAS). *Microchem J.* 2017;133:265–71. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.03.025>
- Długaszek M, Kaszczuk M. Assessment of the nutritional value of various teas infusions in terms of the macro- and trace elements content. *J Trace Elem Med Biol.* 2020;59:126428. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.126428>
- Geronimo ACR, Melo ES, Silva KR, Pereira HS, Nascimento VA, Machate DJ, et al. Human health risk assessment of heavy metals and metalloids in herbal medicines used to treat anxiety: monitoring of safety. *Front Pharmacol.* 2021;12:772928. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.772928>
- Sajnog A, Koko E, Kayzer D, Baratkiewicz D. Chemometric approach to find relationships between physiological elements and elements causing toxic effects in herb roots by ICP-MS. *Sci Rep.* 2021;11(1):20683. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00019-w>
- Winkler A, Rauwolf M, Sterba JH, Wobraschek P, Strelci C, Turyanskaya A. Total reflection X-ray fluorescence analysis of elemental composition of herbal infusions and teas. *J Sci*

- Food Agric.* 2020;100(11):4226–36.  
<https://doi.org/10.1002/jfsa.10463>
20. Шукин ВМ, Жигилей ЕС, Ерина АА, Швецова ЮН, Кузьмина НЕ, Лутцева АИ. Валидация методики определения ртути, свинца, кадмия и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах на его основе методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. *Химико-фармацевтический журнал.* 2020;54(9):57–64.  
<https://doi.org/10.30906/0023-1134-2020-54-9-57-64>  
Shchukin VM, Zhigilei ES, Erina AA, Shvetsova YuN, Kuz'mina NE, Luttsseva AI, et al. Validation of an ICP-MS method for the determination of mercury, lead, cadmium, and arsenic in medicinal plants and related drug preparations. *Pharm Chem J.* 2020;54(9):968–76.  
<https://doi.org/10.1007/s11094-020-02306-8>
  21. Kilic S, Soylak M. Determination of trace element contaminants in herbal teas using ICP-MS by different sample preparation method. *J Food Sci Technol.* 2020;57(3):927–33.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04125-6>
  22. Ciriş M, Kiliş M, Doğanay GE, Ünver M, Yıldız M, Avci S, et al. The relationship between magnesium levels and mortality in the respiratory intensive care unit. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(52):e23290.  
<https://doi.org/10.1097/md.00000000000023290>
  23. Левушкин ДВ, Гравель ИВ. Многокомпонентные лекарственные сборы как источник макроэлементов. *Вестник фармациии.* 2021;(4):9–14.  
Levushkin DV, Gravel IV. Multicomponent medicinal species as a source of macronutrients. *Vestnik Farmacii.* 2021;(4):9–14 (In Russ).  
<https://doi.org/10.52540/2074-9457.2021.4.9>
  24. Галенко МС, Гравель ИВ, Вельц НЮ, Аляутдин РН. Нормирование содержания тяжелых металлов и мышьяка как фактор безопасности использования лекарственных растительных препаратов. *Безопасность и риск фармакотерапии.* 2021;9(2):61–8.  
Galenko MS, Gravel IV, Velts NYu, Alyautdin RN. Limits for the content of heavy metals and arsenic as a means of ensuring safe use of herbal medicinal products. *Safety and Risk of Pharmacotherapy.* 2021;9(2):61–8 (In Russ).  
<https://doi.org/10.30895/2312-7821-2021-9-2-61-68>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: *В.В. Чевидаев* – подбор и анализ литературы, анализ, систематизация и обобщение экспериментальных данных, написание текста рукописи и подготовка иллюстративного материала; *Д.О. Бокков* – проведение исследования методом ИСП-МС; *И.В. Гравель* – редактирование текста рукописи, дизайн обработки результатов; *И.А. Самылина* – ответственность за все аспекты работы, включая надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с достоверностью данных и целостностью всех частей рукописи, утверждение окончательного варианта рукописи для публикации.

**Authors' contributions.** All the authors confirm that they meet the ICMJE criteria for authorship. The most significant contributions were as follows. *Vladimir V. ChevidaeV* selected and analysed literature; analysed, collated, and summarised experimental data; drafted and formatted the manuscript; and prepared the illustrative material. *Dmitry O. Bokov* conducted the ICP-MS experiment. *Irina V. Gravel* edited the manuscript and designed the statistical analysis procedure for the study results. *Irina A. Samylina* approved the final version of the manuscript for publication and agreed to be accountable for all aspects of the work and to ensure appropriate investigation and resolution of the issues related to the reliability of data or the integrity of all parts of the work.

## ОБ АВТОРАХ / AUTHORS

### Чевидаев Владимир Викторович

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4696-9960>

**Бокков Дмитрий Олегович**, канд. фарм. наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2968-2466>

**Гравель Ирина Валерьевна**, д-р фарм. наук, профессор

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3735-2291>

**Самылина Ирина Александровна**, д-р фарм. наук, профессор

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4895-0203>

Поступила 27.07.2023

После доработки 11.09.2023

Принята к публикации 23.11.2023

Online first 26.12.2023

### Vladimir V. ChevidaeV

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4696-9960>

**Dmitry O. Bokov**, Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2968-2466>

**Irina V. Gravel**, Dr. Sci. (Pharm.), Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3735-2291>

**Irina A. Samylina**, Dr. Sci. (Pharm.),

Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4895-0203>

Received 27 July 2023

Revised 11 September 2023

Accepted 23 November 2023

Online first 26 December 2023