







В.М. Шукин ✉ 
Е.А. Блинкова 
Н.Е. Кузьмина 
А.И. Лутцева 

Содержание тяжелых металлов, мышьяка и алюминия в листьях мяты и продуктах на их основе

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научный центр экспертизы средств медицинского применения»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Петровский бульвар, д. 8, стр. 2, Москва, 127051, Российская Федерация





✉ Шукин Виктор Михайлович; schukin@expmed.ru

РЕЗЮМЕ

Листья мяты являются лекарственным растительным сырьем, а также используются в пищевой и косметической промышленности. В литературе высказано предположение, что мята характеризуется природной устойчивостью к элементам-токсикантам и способна накапливать их в заметных количествах. **Цель работы:** проведение сравнительного анализа содержания тяжелых металлов, мышьяка и алюминия в листьях мяты и продуктах их переработки. **Материалы и методы.** В качестве объектов исследования использовали листья мяты перечной, настойки и масла на их основе, а также сухие чаи и БАД из различных видов мяты. Элементный анализ проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой по разработанной авторами данного исследования методике. **Результаты.** Изучено соответствие экспериментально установленного содержания тяжелых металлов, мышьяка, алюминия в листьях мяты и продуктах их переработки требованиям отечественной и зарубежной нормативной документации. Для характеристики взаимодействия между химическими элементами рассчитаны непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена. **Выводы.** Уровень содержания мышьяка в листьях мяты в ряде случаев превышает норму, приведенную в Государственной фармакопее Российской Федерации XIV изд. Предположительно такое превышение не связано с действием антропогенного фактора, а является специфической характеристикой данного растения. Установлен синергизм поглощения мятой алюминия, железа и ванадия, а также меди и цинка. Показано, что марганец оказывает антагонистическое действие на поглощение мятой никеля, свинца и кобальта.

Ключевые слова: мята перечная; мятный чай; тяжелые металлы; элементы-токсиканты; лекарственные растения; БАД; мышьяк; свинец; кадмий; масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой; ИСП-МС

Для цитирования: Шукин В.М., Блинкова Е.А., Кузьмина Н.Е., Лутцева А.И. Содержание тяжелых металлов, мышьяка и алюминия в листьях мяты и продуктах на их основе. *Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств.* 2022;12(2). <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2022-12-2-408>

V.M. Shchukin ✉ 
E.A. Blinkova 
N.E. Kuz'mina 
A.I. Luttseva 

The Content of Heavy Metals, Arsenic, and Aluminum in Mint Leaves and Products

Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products,
8/2 Petrovsky Blvd, Moscow 127051, Russian Federation

✉ Victor M. Shchukin; schukin@expmed.ru

ABSTRACT

Mint is a medicinal herbal drug; and its leaves are also widely used in the food and cosmetic industries. Medical literature states that mint is naturally resistant to toxic elements and capable of accumulating them in significant amounts. **The aim of the study** was to compare heavy metals, arsenic, and aluminum contents in mint leaves and products. **Materials and methods:** the study covered peppermint leaves, tinctures, and oils, as well as teas and dietary supplements made of different varieties of mint. Elemental analysis was performed according to the procedure of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) developed by the authors. **Results:** the authors studied the compliance of the experimentally established contents of heavy metals, arsenic, and aluminum in peppermint leaves and products to the requirements of Russian and foreign regulatory documentation. Nonparametric Spearman correlation coefficients were calculated to characterise the interaction between chemical elements. **Conclusions:** arsenic contents in mint leaves may exceed the limit given in the State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 14th ed. It is supposed that the increased contents are not a result of the anthropogenic factor, but a specific characteristic of this plant. The study demonstrated synergistic absorption of aluminum, iron, and vanadium, as well as copper and zinc by mint. It was established that manganese had an antagonistic effect on the absorption of nickel, lead, and cobalt by mint.

Key words: peppermint; mint tea; heavy metals; elemental toxicants; herbal plants; dietary supplements; arsenic; lead; cadmium; inductively coupled plasma mass spectrometry; ICP-MS

For citation: Shchukin V.M., Blinkova E.A., Kuz'mina N.E., Luttseva A.I. The content of heavy metals, arsenic, and aluminum in mint leaves and products. *Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya. Regulyatornye issledovaniya i ekspertiza lekarstvennykh sredstv = Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation*. 2022;12(2). <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2022-12-2-408>

Введение

Листья мяты перечной являются лекарственным растительным сырьем, а также используются в пищевой, косметической промышленности и при производстве биоактивных добавок (БАД) в сочетании с другими видами этого растения¹. Мята является одной из самых распространенных добавок к черному и зеленому чаю, а также применяется в качестве монокомпонентного травяного чая. Чай из перечной мяты, завариваемый из листьев растения, и эфирное масло мяты перечной активно используются в традиционной народной и официальной медицине.

Лекарственные препараты на основе листьев мяты перечной внесены в Государственный реестр лекарственных средств², требования к их качеству отражены в отечественной и зарубежных фармакопеях³.

Основные компоненты листьев мяты и их биологическая активность широко изучены. Фенольные составляющие листьев включают розмариновую кислоту и несколько флавоноидов, в первую очередь эриоцитрин, лютеолин и гесперидин. Основные летучие компоненты эфирного масла – ментол и ментон. *In vitro* мята перечная

¹ EMA/HMPC/522409/2013. European Medicines Agency. Assessment Report on *Mentha x piperita* L., folium and aetheroleum.

² <http://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx>

³ ФС.2.5.0029.15. Мята перечной листья; ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

Monograph 07/2017:0406. Peppermint leaf. 07/2017:2382. Peppermint leaf dry extract. European Pharmacopoeia. 10th ed. Strasbourg; 2020.

Mentha herb. Japanese Pharmacopoeia. 17th ed. English version. Tokyo; 2016.

Folium Menthae piperitae. WHO monographs on selected medicinal plants. Geneva: World Health Organization; 2002.

и препараты на ее основе обладают значительным антимикробным [1, 2], сильным антиоксидантным и противоопухолевым действием, а также характеризуются некоторым антиаллергенным потенциалом [3, 4]. Исследования на животных моделях показали релаксационный эффект на ткань желудочно-кишечного тракта, обезболивающее и анестезирующее действие на центральную и периферическую нервную систему, иммуномодулирующее действие и химиопрофилактический потенциал [4, 5]. Листья мяты, экстракты из них и эфирное масло мяты имеют длительную историю применения в качестве продуктов питания и средств медицинского назначения, их безопасность подтверждена результатами многих исследований [6].

Одним из важных показателей качества лекарственного растительного сырья (ЛРС) и лекарственных растительных препаратов (ЛРП) является содержание в них тяжелых металлов и мышьяка (As). Содержание As в листьях мяты, произрастающей на почвах, обогащенных данным элементом, часто превышает максимально допустимые в нормативной документации количества [7, 8], достигая для листьев *Mentha aquatic* L. 216,35 мг/кг [9]. Можно предположить, что растения данного рода обладают природной устойчивостью к элементам-токсикантам и способны накапливать их в заметных количествах. Толерантность мяты к As и другим элементам-токсикантам может служить причиной введения для нее индивидуальных норм их содержания, аналогично ламинарии (индивидуальная норма на As в отечественной фармакопее, индивидуальные нормы на As и Cd в европейской фармакопее⁴). Введение индивидуальных норм возможно лишь в том случае, когда элементы-токсиканты не переходят в большом количестве из ЛРС в ЛРП либо переходят в малотоксичной органической форме. В связи с этим актуально проведение экспериментальных исследований, связанных с изучением перехода элементов-токсикантов из листьев мяты в продукты их переработки. При элементном анализе целесообразно использовать метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), так как он характеризуется наибольшей чувствительностью и максимальным рабочим диапазоном определения концентраций по сравнению с другими спектральными методами. ИСП-МС позволяет одновременно определять содержание микро- и макроэлементов

в одном растворе и широко используется при анализе биологических объектов [10, 11].

Цель работы – проведение сравнительного анализа содержания тяжелых металлов, As, Al в листьях мяты и продуктах их переработки. Al был включен в круг определяемых элементов как металл, характеризующийся схожими с тяжелыми металлами токсичными свойствами [12, 13].

В соответствии с целью были сформулированы следующие задачи:

- сравнить содержание элементов-токсикантов в испытуемых образцах с требованиями отечественной и зарубежной нормативной документации к содержанию нормируемых элементов в ЛРС и ЛРП;
- определить особенности накопления химических элементов листьями мяты перечной;
- оценить влияние на переход химических элементов из ЛРС в ЛРП степени переработки исходного сырья.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали:

- листья мяты перечной, собранные в районе пос. Абрамцево и Конобеево Московской обл., г. Вольска Саратовской обл., а также ЛРС «Мята перечной листья» производства ЗАО «АПФ «Фито-Эм», ООО «Лек-С+», ООО «Фито-Бот», АО «Красногорсклексредств» (Россия);
- травяные чаи производства ООО «Милфорд» Москва («Milford»), г. Серпухов Московской обл., ИП «Теплова К.А.», г. Пенза («Сила природы»), «WEISERHOUSE», Германия («Марокканская мята»), ООО «Емельяновская Биофабрика», д. Емельяновское Новгородской обл. («Травяной чай Мята»), ИП «Хлобданов А.Р.», г. Симферополь («Крымские традиции»), ООО «Объединенная чайная компания», г. Москва («EASTFORD»), ООО «Алтайвита», Алтайский край, г. Барнаул («ALTAIVITA»);
- БАД ООО «Натуральные продукты», г. Санкт-Петербург («BioniQ») и ООО «Камелия-ЛТ», г. Дзержинский Московской обл. («Наследие природы»);
- мяты перечной масла производства ООО «Натуральные масла», МО, Солнечногорский район, д. Есипово, «Ботаника», г. Москва, ООО «ПК Аспера», с. Беседы Московской обл.;
- мяты перечной настойку производства ООО «Бэгриф», Новосибирская обл., г. Бердск.

⁴ ФС.2.5.0080.18. Ламинарии слоевища (морская капуста). Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.: 2018.

Monograph 01/2008:1426 Kelp. European Pharmacopoeia. 10th ed. Strasbourg; 2020.

Твердые испытуемые образцы были измельчены и гомогенизированы с помощью блендера, жидкие образцы (масла и настойка) тщательно перемешаны перед отбором проб. Испытания проводили по собственной разработанной и валидированной методике [14]. Пробоподготовку осуществляли с использованием метода кислотного разложения концентрированной азотной кислотой 63–70% в закрытых сосудах при микроволновом нагреве. Определяли содержание следующих химических элементов: алюминия, мышьяка, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, меди, цинка, стронция, молибдена, палладия, серебра, кадмия, олова, сурьмы, бария, ртути, таллия и свинца. Количественные измерения проводили с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7900 (Agilent, США), фиксируя интенсивности излучения по следующим атомным единицам массы (а.е.м.): Al – 27, V – 51, Cr – 52, Mn – 55, Fe – 57, Co – 59, Ni – 60, Cu – 63, Zn – 66, As – 75, Sr – 88, Mo – 95, Pd – 105, Ag – 107, Cd – 111, Sn – 118, Sb – 121, Ba – 137, Hg – 202, Tl – 205, Pb – 208.

Для отслеживания дрейфа приборных параметров использовали внутренние стандарты висмут (Lot BCBZ3947, Sigma-Aldrich), родий, германий (Lot PGE2C7, Reagecon). Для расчета концентраций применяли метод калибровочной кривой. Использовали следующие стандартные растворы для ИСП-анализа: мультиэлементный № IV (Lot HC90682355, Merck), моноэлементные висмута (Lot BCBZ3947), ртути (Lot BCBV3560), молибдена (Lot BCBT9509), олова (Lot BCBT9505), родия (Lot BCBW5968) – все Sigma-Aldrich, палладия (Lot PPD2819L1, Reagecon), сурьмы (Lot N9304293, Perkin Elmer). За нижнюю границу калибровки принимали величину предела количественного определения (ПКО). ПКО рассчитывали как утроенное значение предела обнаружения элемента (ПКО = ЗПО)⁵. ПО определяли автоматически с использованием программного обеспечения прибора. Готовили три параллельных испытуемых раствора для каждого образца. Итоговые величины концентраций определяли как среднее арифметическое измеренных значений.

Правильность используемой аналитической методики предварительно оценили с помощью

открываемости химических элементов, входящих в состав сертифицированных стандартных образцов растительных материалов: листьев чая Tea leaves INCT-TL-1 (INCT, Польша) и лишайника Lichen Certified reference material BCR 482 (IRMM, Бельгия) (табл. 1). Стандартные образцы растительных материалов являются необходимым инструментом при валидации и контроле качества измерений элементных примесей в ЛРС и ЛРП [15].

В соответствии с требованиями Европейской фармакопеи, фармакопеи США, а также фармакопеи ЕАЭС открываемость при элементном анализе примесей должна составлять 70–150% при относительном стандартном отклонении *RSD* 20% (в ГФ РФ XIV требований по открываемости не приведено)⁶. Как видно из данных, представленных в таблице 1, применяемая методика измерений обеспечивает высокую степень открываемости по всем аттестованным элементам растительных стандартных образцов. Следует отметить, что по степени извлечения тяжелых металлов из растительного сырья данная методика сопоставима с методиками пробоподготовки растительного сырья для спектрального элементного анализа, представленными в Европейской фармакопее и в нормативных документах Агентства по защите окружающей среды США⁷ (Environmental Protection Agency, EPA) [16].

Результаты и обсуждение

Результаты определения содержания химических элементов в листьях мяты и продуктах их переработки представлены в таблице 2. Для Mo и Ba приведенные значения являются информационными, так как для этих элементов не доказана открываемость на сертифицированных стандартных образцах растительного происхождения. В таблицу не включены элементы, содержание которых во всех изучаемых образцах ниже предела количественного обнаружения (Pd, Ag, Sn, Sb, Tl).

Следует отметить, что в ряде случаев содержание определяемых элементов в исследуемых образцах существенно отличается от аттестованных значений в сертифицированных растительных материалах (табл. 1). Достоверность

⁵ Юргель НВ, ред. *Руководство по валидации методик анализа лекарственных средств (методические рекомендации)*. М.: Спорт и культура-2000; 2007.

⁶ Heavy metals analysis in herbal drugs and herbal drug preparations. General Monograph 2.4.27. European Pharmacopoeia. 10th ed. Supplement 10.5.

Elemental impurities—procedures. General chapters 233. United State Pharmacopoeia USP43–NF38. Rockville, MD; 2020.

ОФС 2.4.27. Тяжелые металлы и мышьяк в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Фармакопея Евразийского экономического союза.

⁷ SW-846 Test method 3052: Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. U.S. Environmental Protection Agency.

Таблица 1. Открываемость элементов в стандартных образцах растительного происхождения

Table 1. Elements recovery from herbal reference standards

Элемент <i>Element</i>	Стандартный образец листьев чая INCT-TL-1 <i>Certified reference material Tea leaves INCT-TL-1</i>			Стандартный образец лишайника BCR 482 <i>Lichen Certified reference material BCR 482</i>		
	аттестованное значение, мг/кг <i>certified value, mg/kg</i>	найденное значение, мг/кг <i>found value, mg/kg</i>	открываемость, % <i>recovery, %</i>	аттестованное значение, мг/кг <i>certified value, mg/kg</i>	найденное значение, мг/кг <i>found value, mg/kg</i>	открываемость, % <i>recovery, %</i>
Al	2290 ± 280	2480 ± 162	108	1103 ± 24	801 ± 223	73
V	1,97 ± 0,37	1,90 ± 0,21	96	–	–	–
Cr	1,91 ± 0,22	1,74 ± 0,07	91	4,12 ± 0,15	3,09 ± 1,42	75
Mn	1570 ± 110	1567 ± 4	100	–	–	–
Fe	432	480 ± 35	111	–	–	–
Co	0,387 ± 0,042	0,409 ± 0,038	106	–	–	–
Ni	6,12 ± 0,52	4,92 ± 1,84	80	2,47 ± 0,07	2,33 ± 0,03	94
Cu	20,4 ± 1,5	17,48 ± 2,3	86	7,03 ± 0,19	7,39 ± 1,89	106
Zn	34,7 ± 2,7	34,2 ± 2,5	98	100,6 ± 2,2	94,2 ± 13,5	94
As	–	–	–	0,85 ± 0,07	0,77 ± 0,07	90
Sr	20,8 ± 1,7	21,4 ± 5,5	103	–	–	–
Cd	–	–	–	0,56 ± 0,02	0,52 ± 0,02	92
Hg	–	–	–	0,48 ± 0,02	0,43 ± 0,01	91
Pb	17,8 ± 0,24	13,9 ± 0,28	78	40,9 ± 1,4	33,0 ± 1,4	81

Примечание. «–» – данные об аттестованном значении содержания элемента отсутствуют.

Note. – the element content has no certified value.

полученных значений, на наш взгляд, обеспечивается высокой степенью линейности соответствующих калибровочных кривых (коэффициент корреляции $R > 0,99$) и тем фактом, что измеренные концентрации соответствуют диапазону калибровки. Для сравнения в таблице 3 приведены требования отечественной и зарубежной нормативной документации к содержанию нормируемых элементов-токсикантов в ЛРС и ЛРП.

Содержание Pb, Cd и Hg в исследованных образцах не превышает отечественных и зарубежных фармакопейных норм, а также соответствует требованиям СанПиН⁸ (табл. 2, 3). Содержание As в некоторых образцах ЛРП и БАД превышает ПДК, приведенные в ГФ РФ XIV и СанПиН, но полностью соответствует нормам Фармакопеи США и Китайской фармакопеи (2,0 мг/кг валового содержания [17]). Характерно, что в Фармакопее США предлагается оценивать содержание в ЛРС

и ЛРП лишь токсичных неорганических соединений As, что позволяет допускать для использования в производство продукцию, содержащую заметные количества безопасных органических соединений As (например, бурые водоросли) [18]. Подобные исключения сделаны также Европейским союзом, например для пищевой продукции⁹. Содержание As в исследуемых образцах чая не превышает норму, приведенную в СанПиН¹⁰ для чаев (1,0 мг/кг валового содержания). Следует отметить, что в Европейской и Японской фармакопее общие нормы по содержанию As в ЛРС и ЛРП не установлены¹¹.

Полученные экспериментальные данные подтверждают выявленную ранее способность различных видов мяты накапливать As [6, 7, 19–22]. Определенный в исследуемых образцах ЛРС «листья мяты перечной» уровень содержания As (не более 1,5 мг/кг) хорошо согласуется

⁸ СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов от 06 ноября 2001 г.

⁹ Commission Regulation (EU) 2015/1006 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No. 1881/2006 as regards maximum levels of inorganic arsenic in foodstuffs. Official Journal of the European Union. 2015. https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg2015_1006.pdf

¹⁰ СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов от 06 ноября 2001 г.

¹¹ General Monograph 1433. Herbal drugs. European Pharmacopoeia. 10th ed. Supplement 10.5. Japanese Pharmacopoeia. 17th ed. English version. Tokyo; 2016.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов, мышьяка и алюминия в исследуемых образцах лекарственного сырья и лекарственных растительных препаратов на основе листьев мяты, мг/кг

Table 2. The content of heavy metals, arsenic, and aluminum in test samples of peppermint leaves herbal drug and herbal drug preparations, mg/kg

Наименование образца Sample name	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Cd	Ba	Hg	Pb
Мята перечной листья, «Фито-Эм» Peppermint leaves, 'Fito-Em'	436 ± 34	1,04 ± 0,09	1,13 ± 0,11	53,7 ± 1,2	363 ± 10	0,28 ± 0,02	5,25 ± 0,29	6,33 ± 0,05	13,8 ± 1,1	0,93 ± 0,02	39,6 ± 3,2	0,39 ± 0,01	0,02 ± 0,001	23,5 ± 1,3	<n.o. <d.l.	1,19 ± 0,09
Мята перечной листья, «Лек-Ст» Peppermint leaves, 'Lek-St'	395 ± 24	0,74 ± 0,04	1,15 ± 0,10	32,1 ± 2,9	325 ± 23	0,25 ± 0,01	5,11 ± 0,04	7,15 ± 0,09	15,6 ± 1,2	0,34 ± 0,02	40,4 ± 1,2	0,41 ± 0,01	0,02 ± 0,001	21,7 ± 1,55	0,01 ± 0,001	0,49 ± 0,01
Мята перечной листья, «Фито-Бот» 2019 Peppermint leaves, 'Fito-Bot' 2019	428 ± 17	1,02 ± 0,09	1,01 ± 0,09	25,7 ± 1,7	364 ± 9	0,27 ± 0,02	5,05 ± 0,06	7,28 ± 0,28	23,7 ± 1,0	0,75 ± 0,03	36,7 ± 3,1	0,43 ± 0,03	0,02 ± 0,001	15,1 ± 1,2	<n.o. <d.l.	1,19 ± 0,05
Мята перечной листья, «Фито-Бот» 2020 Peppermint leaves, 'Fito-Bot' 2020	490 ± 23	0,89 ± 0,02	1,05 ± 0,10	29,3 ± 1,1	350 ± 14	0,25 ± 0,01	5,06 ± 0,31	6,52 ± 0,07	15,2 ± 0,9	1,47 ± 0,05	35,8 ± 2,7	0,31 ± 0,02	0,02 ± 0,001	29,7 ± 1,5	0,03 ± 0,001	2,57 ± 0,14
Мята перечной листья, «Красногорсклексредства» Peppermint leaves, Krasnogorskleksredstva	523 ± 22	1,01 ± 0,05	1,01 ± 0,08	58,7 ± 2,9	406 ± 35	0,25 ± 0,01	5,25 ± 0,28	7,25 ± 0,09	22,8 ± 0,7	0,25 ± 0,01	42,4 ± 4,1	0,42 ± 0,02	0,02 ± 0,001	22,6 ± 0,9	<n.o. <d.l.	0,31 ± 0,01
Мята перечной листья, п. Конобеево Peppermint leaves, Konobevo	75 ± 4	0,54 ± 0,03	1,53 ± 0,05	20,7 ± 2,0	132 ± 11	1,53 ± 0,11	6,56 ± 0,3	20,1 ± 0,1	37,5 ± 1,98	0,05 ± 0,002	53,3 ± 3,8	0,51 ± 0,02	0,04 ± 0,002	25,9 ± 1,9	<n.o. <d.l.	1,43 ± 0,07
Мята перечной листья, п. Абрамцево Peppermint leaves, Abramtsevo	133 ± 9	0,54 ± 0,02	1,25 ± 0,10	16,5 ± 0,5	200 ± 14	0,25 ± 0,01	5,05 ± 0,05	24,1 ± 1,7	42,8 ± 1,4	0,12 ± 0,01	64,4 ± 2,4	1,22 ± 0,11	0,08 ± 0,005	30,9 ± 1,3	<n.o. <d.l.	2,34 ± 0,12
Мята перечной листья, г. Вольск Peppermint leaves, Vol'sk	243 ± 11	0,75 ± 0,04	2,02 ± 0,15	46,8 ± 3,6	204 ± 11	<n.o. <d.l.	0,25 ± 0,02	<n.o. <d.l.	21,8 ± 1,7	0,13 ± 0,01	82,4 ± 6,8	0,51 ± 0,03	<n.o. <d.l.	<n.o. <d.l.	<n.o. <d.l.	<n.o. <d.l.
Травяной чай «Milford» Herbal tea, Milford	422 ± 31	1,21 ± 0,04	1,75 ± 0,13	89,8 ± 8,4	462 ± 29	0,25 ± 0,01	3,03 ± 0,12	10,8 ± 0,3	21,8 ± 1,1	0,25 ± 0,02	55,1 ± 4,6	1,28 ± 0,11	0,03 ± 0,003	17,6 ± 1,3	<n.o. <d.l.	0,55 ± 0,02
Травяной чай «Сила природы» Herbal tea 'Sila prirody'	882 ± 23	2,02 ± 0,18	2,75 ± 0,02	61,4 ± 1,9	662 ± 31	0,53 ± 0,02	5,05 ± 0,21	8,52 ± 0,5	23,4 ± 2,1	0,25 ± 0,02	39,4 ± 2,4	0,28 ± 0,01	0,03 ± 0,001	24,4 ± 2,01	<n.o. <d.l.	0,39 ± 0,01
Травяной чай «Мята» Herbal tea 'Myata'	281 ± 7	0,75 ± 0,05	1,25 ± 0,04	84,1 ± 1,9	291 ± 14	0,25 ± 0,01	1,75 ± 0,11	6,25 ± 0,42	14,5 ± 1,1	0,25 ± 0,01	37,3 ± 1,9	0,68 ± 0,02	0,03 ± 0,001	9,11 ± 0,39	<n.o. <d.l.	0,67 ± 0,04
Травяной чай «Крымские традиции» Herbal tea 'Krymskie traditsii'	495 ± 35	1,02 ± 0,04	1,25 ± 0,12	115 ± 8	367 ± 22	0,25 ± 0,02	1,75 ± 0,06	12,8 ± 1,2	20,2 ± 1,6	0,125 ± 0,01	80,4 ± 4,9	0,43 ± 0,02	<n.o. <d.l.	62,9 ± 1,59	<n.o. <d.l.	0,18 ± 0,01
Травяной чай «ALTAIVITA» Herbal tea 'ALTAIVITA'	1534 ± 43	3,25 ± 0,22	3,03 ± 0,25	64,8 ± 6,3	1050 ± 99	0,51 ± 0,04	3,03 ± 0,24	9,25 ± 0,4	26,3 ± 2,3	0,25 ± 0,07	46,7 ± 2,2	0,09 ± 0,004	0,03 ± 0,001	32,3 ± 2,1	<n.o. <d.l.	0,48 ± 0,02

Продолжение таблицы 2
Table 2 (continued)

Наименование образца Sample name	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Cd	Ba	Hg	Pb
Травяной чай «Мята марокканская» Herbal tea 'Mята marokkanskaya'	400 ± 35	0,75 ± 0,06	1,25 ± 0,12	72,8 ± 4,1	312 ± 17	0,25 ± 0,01	1,75 ± 0,09	6,55 ± 0,44	14,3 ± 1,3	0,12 ± 0,01	18,8 ± 1,3	0,23 ± 0,01	<п.о. <d.l.	14,4 ± 1,06	<п.о. <d.l.	0,21 ± 0,01
Травяной чай «EASTFORD» Herbal tea 'EASTFORD'	418 ± 36	0,75 ± 0,06	1,75 ± 0,12	83,2 ± 4,2	351 ± 32	0,25 ± 0,01	1,75 ± 0,09	11,5 ± 0,7	15,8 ± 1,4	0,12 ± 0,01	26,0 ± 1,9	0,35 ± 0,02	<п.о. <d.l.	16,5 ± 0,9	<п.о. <d.l.	0,27 ± 0,01
БАД «BioniQ» Dietary supplement 'BioniQ'	730 ± 24	2,35 ± 0,14	1,75 ± 0,07	86,3 ± 1,0	720 ± 26	0,52 ± 0,04	2,23 ± 0,21	10,5 ± 0,2	20,5 ± 1,7	0,25 ± 0,06	96,1 ± 1,99	0,88 ± 0,06	0,03 ± 0,001	19,8 ± 0,7	<п.о. <d.l.	0,46 ± 0,02
БАД «Наследие природы» Dietary supplement 'Nasledie prirody'	4258 ± 166	9,25 ± 0,68	9,52 ± 0,28	86,3 ± 7,7	3119 ± 210	1,5 ± 0,09	5,75 ± 0,41	10,1 ± 0,9	20,6 ± 1,8	1,01 ± 0,01	38,7 ± 3,3	0,34 ± 0,02	0,03 ± 0,001	55,7 ± 1,9	<п.о. <d.l.	1,96 ± 0,05
Мята масло «Натуральные масла» Peppermint oil 'Natural'nye masla'	0,75 ± 0,02	<п.о. <d.l.	0,75 ± 0,04	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	1,42 ± 0,12	1,01 ± 0,01	1,75 ± 0,08	<п.о. <d.l.	0,31 ± 0,02	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	0,16 ± 0,01	<п.о. <d.l.	0,06 ± 0,001
Мята перечной масло «Ботаника» Peppermint oil 'Botanika'	0,51 ± 0,04	<п.о. <d.l.	1,25 ± 0,09	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	1,75 ± 0,11	0,54 ± 0,03	4,25 ± 0,21	<п.о. <d.l.	0,13 ± 0,01	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	0,10 ± 0,01	<п.о. <d.l.	0,08 ± 0,001
Мята перечной масло, «ПК Аспера» Peppermint oil, 'Aspera'	0,51 ± 0,05	<п.о. <d.l.	1,56 ± 0,12	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	1,25 ± 0,09	13,3 ± 0,9	<п.о. <d.l.	0,15 ± 0,01	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	0,08 ± 0,001	<п.о. <d.l.	0,08 ± 0,001
Мята перечной настойка, «Бэгриф» Peppermint tincture, 'Begrif'	0,25 ± 0,06	<п.о. <d.l.	1,01 ± 0,10	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	0,25 ± 0,02	1,25 ± 0,06	0,75 ± 0,02	<п.о. <d.l.	0,13 ± 0,01	<п.о. <d.l.	<п.о. <d.l.	0,08 ± 0,001	<п.о. <d.l.	0,08 ± 0,002

Примечание. «п.о.» – предел обнаружения. Жирным шрифтом выделено превышение ПДК (As – 0,5 мг/кг).
Note. d.l. – detection limit. Bold font indicates the overrange of Permitted Daily Concentration (As – 0,5 mg/kg).

с литературными данными по содержанию этого элемента в листьях мяты, произрастающей на незагрязненной горной местности [6, 7]. Можно предположить, что такой уровень содержания As в мяте физиологически обоснован и является ее специфической характеристикой. Образцы, произрастающие на местности, загрязненной соединениями As, показывают заметно более высокое его содержание в листьях мяты (10–216 мг/кг) [6, 8, 23]. Необходимо проведение дополнительных исследований по установлению формы (органической или неорганической) соединений As, накапливающихся в листьях мяты перечной. В том случае если преобладают нетоксичные органические соединения As, следует вводить индивидуальную норму для валового содержания данного токсиканта в ЛРС и ЛРП на основе листьев мяты перечной или нормировать содержание исключительно неорганической формы.

Среднее содержание тяжелых металлов в образцах мяты убывает в следующем ряду: Al>Fe>Mn>Sr>Ba>Zn>Cu>Ni>Cr>V>Pb>Mo>Co>Cd>Hg. Обращает на себя внимание, что среднее содержание Cu, Mn и Zn в листьях мяты перечной отечественного производства практически

не изменилось за последнее десятилетие, при этом концентрация Pb заметно увеличилась, а Cd уменьшилась [19].

Следует отметить, что абсолютное содержание химического элемента в растении во многом зависит от его взаимодействия с другими элементами [24, 25]. Взаимодействие между химическими элементами может быть антагонистическим или синергическим. Антагонизм возникает, когда совместное физиологическое действие одного или более элементов меньше суммы действия элементов, взятых по отдельности, а синергизм – когда совместное действие больше [24, 25]. Такие взаимодействия связывают со способностью одного элемента ингибировать или стимулировать поглощение растениями других элементов [25]. Для оценки взаимного влияния Al, тяжелых металлов и As а накопление листьями мяты были рассчитаны непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена как наиболее подходящие для оценки скошенных распределений [26]. Результаты расчета представлены в таблице 4.

Полученные значения интерпретировали по шкале Чеддока, в соответствии

Таблица 3. Нормы содержания элементов-токсикантов

Table 3. Limits for elemental toxicants

Нормативная документация <i>Regulatory documents</i>	Элементы-токсиканты, мг/кг <i>Elemental toxicants, mg/kg</i>			
	As	Cd	Hg	Pb
ГФ РФ XIV ¹² <i>Russian State Pharmacopeia, 14th</i> ¹²	0,5 (90 Ламинария) ¹³ (90 for Kelp) ¹³	1,0	0,1	6,0
СанПиН 2.3.2.1078–01 для БАД ¹⁴ <i>Sanitary regulation SanPiN 2.3.2.1078–01 for dietary supplements</i> ¹⁴	0,5	1,0	0,1	6,0
Фармакопея Евразийского экономического союза ¹⁵ <i>Pharmacopoeia of the Eurasian Economic Union</i> ¹⁵	0,5	1,0	0,1	6,0
USP43-NF38 ¹⁶	Неорганический <i>Inorganic</i> 2,0	0,5	1,0 (метилртуть 0,2) (methylmercury 0,2)	5,0
Ph. Eur. 10.5 ¹⁷	Общие нормы отсутствуют (90 Ламинария) ¹⁸ <i>No accepted limits</i> (90 for Kelp) ¹⁸	1,0	0,1	5,0

¹² ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

¹³ ФС.2.5.0080.18. Ламинарии слоевища (морская капуста). Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

¹⁴ СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

¹⁵ ОФС.2.4.27. Тяжелые металлы и мышьяк в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Фармакопея Евразийского экономического союза.

¹⁶ Elemental impurities—procedures. General chapters 233. United State Pharmacopoeia USP43–NF38. Rockville, MD; 2020.

¹⁷ General Monograph 2.4.27. Heavy metals analysis in herbal drugs and herbal drug preparations. European Pharmacopoeia. 10th ed. Supplement 10.5.

¹⁸ Monograph 01/2008:1426. Kelp. European Pharmacopoeia. 10th ed. Strasbourg; 2020.

Таблица 4. Коэффициенты парной корреляции Спирмена для изученных химических элементов

Table 4. Spearman paired correlation coefficients for elemental toxicants

	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V
Al														
As	0,44													
Ba	0,42	0,19												
Cd	-0,32	-0,14	0,01											
Co	0,60	0,09	0,39	-0,04										
Cr	0,32	0,22	0,54	-0,07	0,68									
Cu	0,03	-0,37	0,29	0,16	0,37	0,01								
Fe	0,94	0,38	0,55	-0,06	0,61	0,41	-0,07							
Mn	0,47	-0,21	0,30	-0,32	-0,56	0,29	-0,24	0,33						
Mo	-0,42	-0,26	-0,17	0,09	-0,14	-0,19	0,49	-0,21	0,00					
Ni	0,23	0,44	0,18	0,27	0,49	0,20	0,29	0,23	-0,57	-0,07				
Pb	-0,25	0,63	0,23	-0,01	0,31	0,25	0,35	0,22	-0,58	0,18	0,52			
Sr	0,05	-0,31	0,28	-0,03	0,00	-0,07	0,31	-0,09	0,16	0,48	-0,31	-0,02		
V	0,91	0,36	0,55	-0,08	0,64	0,41	-0,06	0,99	0,32	-0,20	0,22	0,23	-0,05	
Zn	0,01	-0,36	0,17	0,08	0,37	0,01	0,86	-0,07	-0,47	0,4	0,38	0,38	0,34	-0,04

Примечание. Жирным шрифтом выделены коэффициенты Спирмена, свидетельствующие о наличии заметной (0,5–0,7), высокой (0,7–0,9) и сильной (0,9–1,0) взаимосвязи между элементами.

Note. Highlighted in bold are the Spearman coefficients indicating a moderate (0.5–0.7), high (0.7–0.9), and very high (0.9–1.0) correlation between the elements.

с которой интервалы значений коэффициентов корреляции 0,1–0,3; 0,3–0,5; 0,5–0,7; 0,7–0,9 и 0,9–1,0 соответствуют слабой, умеренной, заметной, высокой и сильной взаимосвязи [26]. Согласно данным таблицы 4, наблюдается сильная связь между содержанием в листьях мяты Al и V, Al и Fe, Fe и V, то есть эти 3 элемента способствуют взаимному накоплению в листьях мяты. Также обнаружена высокая связь между содержанием Cu и Zn. Синхронное увеличение содержания этих элементов в листьях мяты свидетельствует о том, что присутствует синергизм поглощения этим растением. Следует отметить, что синергическое взаимодействие между микроэлементами обычно не наблюдается [25]. Заметная обратная связь обнаружена для пар элементов Ni/Mn, Pb/Mn и Co/Mn, то есть Mn проявляет антагонистическое действие на поглощение мятой Ni, Pb и Co. Согласно литературным данным, Mn наряду с Fe, Cu и Zn является ключевым элементом в физиологии растений. Для этих четырех элементов наблюдалось максимальное число антагонистических реакций, их функции связаны с процессами поглощения и с ферментативскими реакциями. Среди остальных микроэлементов в антагонистических отношениях к этой четверке часто оказываются Cr, Mo и Se [25].

Сравнительный анализ содержания элементов-токсикантов в ЛРС «листья мяты перечной» и соответствующих ЛРП показал, что при отсутствии экстракции элементы-токсиканты переходят из ЛРС в ЛРП без потерь. Содержание Al, V, Cr, Mn, Fe в чае и БАД превышает их содержание в листьях мяты и ЛРП на их основе. Так, диапазон содержания элементов в листьях мяты и ЛРП (а) и сухих чаях и БАД на их основе (б) составляет для Al 75–523 мг/кг (а) и 281–4258 мг/кг (б), для V 0,54–1,04 мг/кг (а) и 0,75–9,25 мг/кг (б), для Cr 1,01–2,02 мг/кг (а) и 1,25–9,52 мг/кг (б), для Mn 16,5–58,7 мг/кг (а) и 61,4–115 мг/кг (б), для Fe 132–406 мг/кг (а) и 291–3119 мг/кг (б). К сожалению, мы не располагали данными по прослеживаемости получения чаев и БАД из исходного растительного сырья, которые могли бы объяснить полученный результат. Можно предположить, что это связано с менее тщательным контролем сырья при производстве пищевых продуктов и БАД по сравнению с лекарственными средствами. Согласно требованиям ГФ РФ¹⁹ ЛРП подвергают выборочному контролю на содержание тяжелых металлов и As не реже одного раза в год (одна серия каждого наименования), в то время как требований к периодичности контроля БАД на содержание этих элементов-токсикантов в нормативной документации

¹⁹ ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

не приводится, регламентируется проверка данных показателей государственными органами лишь при их регистрации²⁰.

В ЛРП с глубокой степенью переработки листьев мяты ряд элементов (V, Mn, Fe, Co, As, Mo, Cd, Hg) не обнаружен. Можно предположить, что они не переходят из ЛРС в масла и настойки. Содержание других элементов в данных видах ЛРП ниже, чем в ЛРС. Так, содержание Al в маслах и настойке составляет 0,25–0,75 мг/кг (75–523 мг/кг в листьях), для Cr 0,75–1,56 мг/кг (1,01–2,02 мг/кг в листьях), для Ni 0,00–1,75 мг/кг (0,25–6,56 мг/кг в листьях), для Cu 0,54–1,25 мг/кг (0,00–7,28 мг/кг в листьях), для Zn 0,75–13,3 мг/кг (13,8–42,8 мг/кг в листьях), для Sr 0,13–0,31 мг/кг (35,8–82,4 мг/кг в листьях), для Ba 0,08–0,16 мг/кг (0,00–30,9 мг/кг в листьях). В целом содержание всех нормируемых элементов-токсикантов в маслах и настойке не превышает установленных в нормативной документации различных стран пределов их содержания.

Выводы

На основе полученных экспериментальных данных по содержанию тяжелых металлов, Al

и As в исследуемых листьях мяты и продуктах их переработки можно сделать следующие выводы: 1) содержание As в листьях мяты в ряде случаев превышает норму, приведенную в ГФ РФ XIV изд. Предположительно такое превышение не связано с действием антропогенного фактора, а является специфической характеристикой данного растения; 2) накопление химических элементов листьями мяты имеет ряд особенностей. Установлен синергизм поглощения мятой Al, Fe и V, а также Cu и Zn. Показано, что Mn оказывает антагонистическое действие на поглощение мятой Ni, Pb и Co; 3) степень переработки оказывает существенное влияние на переход химических элементов из ЛРС «листья мяты перечной» в ЛРП на ее основе; 4) в некоторых случаях содержание элементов-токсикантов в сухих чаях и БАД на основе листьев мяты существенно выше, чем в соответствующих ЛРС и ЛРП. Можно предположить, что это связано с менее тщательным контролем сырья при производстве пищевых продуктов и БАД по сравнению с лекарственными средствами.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Muntean D, Licker M, Alexa E, Popescu I, Jianu C, Buda V, et al. Evaluation of essential oil obtained from *Mentha piperita* L. against multidrug-resistant strains. *Infect Drug Resist.* 2019;12:2905–14. <https://doi.org/10.2147/IDR.S218141>
- Kowalczyk A, Piątkowska E, Kuś P, Marijanović Z, Jerković I, Tuberoso CI, et al. Volatile compounds and antibacterial effect of commercial mint cultivars – chemotypes and safety. *Ind Crops Prod.* 2021;166:113430. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113430>
- Сажина НН, Мисин ВМ, Короткова ЕИ. Исследование антиоксидантных свойств водного экстракта мяты электрохимическими методами. *Химия растительного сырья.* 2010;(4):77–82. [Sazhina NN, Misin VM, Korotkova EI. Investigation of the antioxidant properties of an aqueous extract of mint by electrochemical methods. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Material.* 2010;(4):77–82 (In Russ.)]
- Cocan I, Alexa E, Danciu C, Radulov I, Galuscan A, Obistioiu D, et al. Phytochemical screening and biological activity of *Lamiaceae* family plant extracts. *Exp Ther Med.* 2018;15(2):1863–70. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.5640>
- Pittler MH, Ernst E. Peppermint oil for irritable bowel syndrome: a critical review and metaanalysis. *Am J Gastroenterol.* 1998;93(7):1131–5. <https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.1998.00343.x>
- Nair B. Final report on the safety assessment of *Mentha Piperita* (Peppermint) Oil, *Mentha Piperita* (Peppermint) Leaf Extract, *Mentha Piperita* (Peppermint) Leaf, and *Mentha Piperita* (Peppermint) Leaf Water. *Int J Toxicol.* 2001;20 Suppl 3:61–73. <https://doi.org/10.1080/10915810152902592>
- Szakova J, Tlustoš P, Goessler W, Pokorný T, Findenig S, Balik J. The effect of soil contamination level and plant origin on contents of arsenic, cadmium, zinc, and arsenic compounds in *Mentha aquatica* L. *Arch Environ Prot.* 2011;37(2):109–21.
- Begaa S, Messaoudi M. Toxicological aspect of some selected medicinal plant samples collected from Djelfa, Algeria Region. *Biol Trace Elem Res.* 2019;187(1):301–6. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1365-3>
- Baroni F, Boscagli A, Di Lella LA, Protano G, Riccobono F. Arsenic in soil and vegetation of contaminated areas in southern Tuscany (Italy). *J Geochem Explor.* 2004;81(1–3):1–14. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(03\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(03)00208-5)
- Derkach TM, Baula OP. Pharmacopoeia methods for elemental analysis of medicines: a comparative study. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series Chemistry.* 2017;25(2):73–83. <https://doi.org/10.15421/081711>
- Balaram V. Recent advances in the determination of elemental impurities in pharmaceuticals – Status, challenges and moving frontiers. *TrAC Trends Anal Chem.* 2016;(80):83–95. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.02.001>

²⁰ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции.

12. Минтель МВ, Землянова МА, Жданова-Заплевичко ИГ. Некоторые аспекты совместного действия алюминия и фтора на организм человека (обзор литературы). *Экология человека*. 2018;(9):12–7. [Mintel MV, Zemlyanova MA, Zhdanova-Zaplevichko IG. Some aspects of synergetic action of aluminum and fluorine on human body (literature review). *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2018;(9):12–7 (In Russ.)]
13. Яковлева ОВ. Фитотоксичность ионов алюминия. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;179(3):315–31. [Yakovleva OV. Phytotoxicity of aluminum ions. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;179(3):315–31 (In Russ.)] <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-315-331>
14. 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. 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):968–976 <https://doi.org/10.1007/s11094-020-02306-8>]
15. Vasil'eva IE, Shabanova EV. Plant-matrix certified reference materials as a tool for ensuring the uniformity of chemical measurements. *J Anal Chem*. 2021;76(2):137–55. <https://doi.org/10.1134/S1061934821020143>
16. Шукин ВМ, Северинова ЕЮ, Кузьмина НЕ, Яшкир ВА, Меркулов ВА. Усовершенствование методики пробоподготовки при количественном определении тяжелых металлов в цветках ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla*) методом ИСП-АЭС. *Успехи современного естествознания*. 2016;(6):53–8. [Shchukin VM, Severinova EYu, Kuz'mina NE, Yashkir VA, Merkulov VA. The improving method of sample preparation for the quantitative determination of heavy metals in the flowers of chamomile (*Matricaria chamomilla*) by ICP-AES. *Uspekhii sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*. 2016;(6):53–8 (In Russ.)]
17. Chien MY, Yang CM, Huang CM, Chen CH. Monitoring of toxic heavy metals contamination in commonly used Chinese materia medica. *SN Appl Sci*. 2020;2:1432. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03227-7>
18. Шукин ВМ, Ерина АА, Лисман ЕС, Ваганова ОА. Проблемы нормирования мышьяка в бурых водорослях и лекарственных препаратах на их основе. *Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения*. 2019;9(3):167–72. [Shchukin VM, Erina AA, Lisman ES, Vaganova OA. Problems of establishing limits for arsenic content in brown algae and brown algae-containing medicinal products. *Vedomosti Nauchnogo tsentra ehkspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya = Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products*. 2019;9(3):167–72 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2019-9-3-167-172>
19. Гравель ИВ, Цой ЯЭ, Денисова ТВ, Хотимченко СА. Тяжелые металлы в сырье и настоях мяты перечной. *Фармация*. 2013;(3):27–30. [Gravel' IV, Tsoi YaE, Denisova TV, Khotimchenko SA. Heavy metals in the raw materials and infusions of peppermint. *Farmatsiya = Pharmacy*. 2013;(3):27–30 (In Russ.)]
20. Скибина АА, Боков ДО, Гравель ИВ, Самылина ИА, Ермакова ВА. Идентификация фенольных соединений в грудном сборе № 4 и сухом экстракте на его основе методом ВЭЖХ. В кн.: *Гомеопатический ежегодник – 2019*. С. 545–7. [Skibina AA, Bokov DO, Gravel' IV, Samylina IA, Ermakova VA. Identification of phenolic compounds in breast collection No. 4 and dry extract based on it by HPLC. In: *Homeopathic Yearbook – 2019*. P. 545–7 (In Russ.)]
21. Ababneh FA. The hazard content of cadmium, lead, and other trace elements in some medicinal herbs and their water infusions. *Int J Anal Chem*. 2017;(1):1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/6971916>
22. Rubio C, Lucas JRD, Gutiérrez AJ, Glez-Weller D, Marrero BP, Caballero JM, et al. Evaluation of metal concentrations in mentha herbal teas (*Mentha piperita*, *Mentha pulegium* and *Mentha* species) by inductively coupled plasma spectrometry. *J Pharm Biomed Anal*. 2012;71:11–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2012.07.015>
23. Zandsalimi S, Karimi N, Kohandel A. Arsenic in soil, vegetation and water of a contaminated region. *Int J Environ Sci Technol*. 2011;8:331–8. <https://doi.org/10.1007/BF03326220>
24. Спицына СФ, Томаровский АА, Оствальд ГВ. Проявление синергизма и антагонизма между ионами меди, цинка и марганца при поступлении их в растения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014;10(120):29–32. [Spitsyna SF, Tomarovskiy AA, Ostwald GV. Synergism and antagonism of copper, zinc and manganese ions at their uptake by plants. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Altai State Agrarian University Bulletin*. 2014;10(120):29–32 (In Russ.)]
25. Kabata-Pendias A. *Trace elements in soils and plants*. 4th ed. CRC press; 2011. <https://doi.org/10.1201/b10158>
26. Гржибовский АМ, Иванов СВ, Горбатова МА. Экологические (корреляционные) исследования в здравоохранении. *Наука и здравоохранение*. 2015;(5):5–18. [Grjibovski AM, Ivanov SV, Gorbatova MA. Ecological (correlation) studies in health sciences. *Nauka i zdravookhranenie = Science and Healthcare*. 2015;(5):5–18 (In Russ.)]

Вклад авторов. В.М. Шукин – идея, планирование исследования, разработка дизайна исследования, анализ литературы, написание текста; Е.А. Блинкова – пробоподготовка, анализ образцов с помощью ИСП-МС, сбор и систематизация данных; Н.Е. Кузьмина – интерпретация результатов исследования, редактирование текста; А.И. Лутцева – ответственность за все аспекты работы.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава России № 056-00001-22-00 на проведение прикладных научных исследований (номер государственного учета НИР 121022400083-1).

Конфликт интересов. Н.Е. Кузьмина является членом редколлегии журнала «Ведомости НЦЭСМП. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Authors' contributions. Viktor M. Shchukin—elaboration of the research concept, planning of the research, development of the research design, literature review, writing of the original draft; Elena A. Blinkova—sample preparation, sample analysis by ICP-MS, data collection and systematisation; Natalia E. Kuz'mina—interpretation of the research findings, writing—review and editing; Anna I. Luttseva—project administration, supervision.

Acknowledgements. The published study was carried out as part of publicly funded research project No. 056-00001-22-00 supported by the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products (R&D public accounting No. 121022400083-1).

Conflict of interest. Natalia E. Kuz'mina is a member of the Editorial Board of *The Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation*, the other authors declare no conflict of interest requiring disclosure in this article.

ОБ АВТОРАХ / AUTHORS

Шукин Виктор Михайлович.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9440-0950>
Schukin@expmed.ru

Блинкова Елена Александровна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4813-4740>
blinkovaea@expmed.ru

Кузьмина Наталия Евгеньевна, д-р хим. наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9133-0835>
KuzminaN@expmed.ru

Лутцева Анна Ивановна, канд. фарм. наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8752-5245>
Lutceva@expmed.ru

Victor M. Shchukin.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9440-0950>
Schukin@expmed.ru

Elena A. Blinkova.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4813-4740>
blinkovaea@expmed.ru

Natalia E. Kuz'mina, Dr. Sci. (Chem.).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9133-0835>
KuzminaN@expmed.ru

Anna I. Luttseva, Cand. Sci. (Pharm.).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8752-5245>
Lutceva@expmed.ru

Статья поступила 25.11.2021

После доработки 24.12.2021

Принята к печати 04.03.2022

Online first 29.04.2022

Article was received 25 November 2021

Revised 24 December 2021

Accepted for publication 4 March 2022

Online first 29 April 2022