

ОСОБЕННОСТИ ТРАНССРЕДОВОГО ПЕРЕХОДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА ПО ЦЕПОЧКЕ «ПОЧВА – ЛЕКАРСТВЕННОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ – ВОДНЫЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ»

© Дьякова Н.А.

Воронежский государственный университет (ВГУ)
Россия, 394018, Воронежская обл., г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, особенно тяжелых металлов, в организм человека. Особый интерес в этом отношении представляют водные извлечения из лекарственного растительного сырья – отвары и настои – как наиболее доступные и часто используемые в медицинской и фармацевтической практике и народной медицине лекарственные формы, которые в настоящее время недостаточно изучены как источники поступления различных микроэлементов в организм человека.

Цель исследования – изучение особенностей транссредового перехода тяжелых металлов и мышьяка по цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения (настои и отвары)».

Материалы и методы. Заготовку сырья осуществляли в период цветения растения в Воронежском биосферном заповеднике. Микроэлементный состав образцов изучали масс-спектрометрически на приборе «ELAN-DRC».

Результаты. Содержание нормируемых в лекарственном растительном сырье естественного фитоценоза Воронежской области микроэлементов не превышает фармакопейных требований, а общая доля их в общем минеральном комплексе – не более 0,011%. Все изготовленные настои и отвары из изучаемого сырья также соответствовали фармакопейным требованиям по содержанию нормируемых элементов. Эффективность перехода кадмия в настои и отвары из лекарственного растительного сырья варьировала от 9,02% до 55,00%, мышьяка – от 26,33% до 68,46%, свинца – от 1,95% до 76,15%. По цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения» нормируемые в ЛРС элементы в наибольшей степени мигрировали в отвар корней лопуха обыкновенного: кадмий на 74,91%, мышьяк – 13,98%, свинец – 6,02%. Наименьшая степень перехода отмечена для настоя исследуемых цветков: для кадмия – на 4,78%, мышьяка – 0,46%, свинца – 0,73%.

Заключение. Полученные данные представляют интерес и могут служить основой для проведения дальнейших исследований с целью использования результатов в медицинской и фармацевтической практике.

Ключевые слова: Воронежская область; свинец; ртуть; мышьяк; кадмий; лекарственное растительное сырье; коэффициенты накопления.

Дьякова Нина Алексеевна – канд. биол. наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ВГУ, г. Воронеж. ORCID ID: 0000-0002-0766-3881. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru

Согласно данным Регистра лекарственных средств России на январь 2022 года, насчитывается более 2,1 тысячи лекарственных препаратов растительного происхождения, а число биологически активных добавок на основе лекарственного растительного сырья превышает 7,9 тысячи [1]. Лекарственные растительные препараты на отечественном фармацевтическом рынке всегда пользовались значительным спросом, что объясняется их хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью [2-4]. Они более естественны для организма человека, чем синтетические лекарственные средства, лучше усваиваются, практически не обладают побочными действиями, оказывают комплексное влияние на организм человека [5-7].

В настоящее время большое внимание при проведении фармакогностических исследований направлено на экологи-

гигиенические исследования качества лекарственного растительного сырья (ЛРС) [8-12]. В силу роста городских агломераций, увеличения количества автотранспорта, расширения производственных площадей и сельскохозяйственных угодий, вероятность сбора лекарственного растительного сырья вблизи источников выброса экотоксикантов существенно возрастает [13-18].

Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, особенно тяжелых металлов, в организм человека [12, 19]. Особый интерес в этом отношении представляют водные извлечения из ЛРС – отвары и настои – как наиболее доступные и часто используемые в медицинской и фармацевтической практике и народной медицине лекарственные формы, которые в настоящее время недостаточно изучены как источники поступления

различных микроэлементов в организм человека [1, 9, 10].

Цель исследования – изучение особенностей трансредового перехода тяжелых металлов и мышьяка по цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения (настои и отвары)».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды ЛРС: цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg). В исследовании представлены разные виды ЛРС, включающие в себя различные органы или группы органов растений (листья, цветки, трава, корни), от разных форм производящих растений – травянистые и древесные формы растительности. Заготовку лекарственного растительного сырья осуществляли в экологически чистом месте в естественных зарослях в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике в Рамонском районе Воронежской области в 2020 году. Изучаемые травы, листья и цветки заготавливали в период цветения производящих растений, корни – в начале осени [19, 20]. Для изучения накопления экотоксикантов ЛРС из почвы проводили отбор проб верхних слоев почв (0-10 см от поверхности).

Из измельченного сырья отбирались образцы для анализа, которые подвергались кислотному разложению смесью кислот с использованием систем микроволновой пробоподготовки. Навеску образца помещали во фторопластовый вкладыш и добавляли 5 мл смеси азотной и плавиковой кислоты. Автоклав с пробой во вкладыше помещали в микроволновую печь и разлагали пробу, используя программу разложения, рекомендованную производителем печи. Растворенную пробу количественно переносили в пробирку объемом 15 мл, трехкратно встряхивая вкладыш с крышечкой с 1 мл деионизированной воды и перенося каждый смыв в пробирку, доводили объем до 10 мл

деионизированной водой, закрывали и перемешивали. Автоматическим дозатором со сменным наконечником отбирали аликвотную часть 1 мл и доводили до 10 мл 0,5% азотной кислотой, закрывали защитной лабораторной пленкой. Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Рабочие стандартные растворы для этого готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии («Perkin-Elmer»), содержащих разные группы элементов [1, 6].

Изготовление отваров из исследуемых корней растений и настоев из остальных видов ЛРС производили по требованиям ОФС.1.4.1.0018.15 «Настои и отвары», соотношение ЛРС и воды очищенной составляло 1:10 [20]. К 1 мл водного извлечения в мерной пробирке приливали 7 мл деионизированной воды, затем 0,5 мл концентрированной азотной кислоты и пробу доводили до 10 мл деионизированной водой. Элементный состав почв и ЛРС определяли методом масс-спектро스코пии с индуктивно связанной плазмой на приборе «ELAN-DRC» («PerkinElmer Life And Analytical Sciences», США) в соответствии с МУК 4.1.1483-03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой». Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Степень перехода элементов по цепочке «почва – ЛРС – водные извлечения» рассчитывали как отношение концентрации элемента на каждом предыдущем уровне миграции к последующему [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание нормируемых в ЛРС токсичных микроэлементов не превышает требований ГФ XIV [20], а общая доля их в общем минеральном комплексе – не более 0,011%. При этом их содержание в почве территории заготовки сырья на порядок меньше и составляет 0,001%. Наибольшая концентрация свинца выявлена в корнях одуванчика лекарственного (1,95 мкг/г), ртути – в листьях крапивы двудомной (0,06 мкг/г). Мышьяк эффективнее всего накапливался в траве полыни горькой и

листьях подорожника большого (более 0,3 мкг/г), а кадмий – в корнях лопуха обыкновенного и траве горца птичьего (более 0,05 мкг/г) (табл. 1).

Для подробного изучения особенностей накопления макро- и микроэлементов изучаемыми видами ЛРС из верхних слоев почв рассчитывались коэффициенты накопления (коэффициенты биологического поглощения) и анализировались согласно классификации по А.И. Перельману [6] (табл. 2). Из нормируемых в ЛРС токсичных микроэлементов к сильно накапливаемым элементам в траве горца птичьего, корнях лопуха обыкновенного, корнях одуванчика лекарственного, траве пустырника пятилопастного, листьях подорожника большого, траве полыни горькой относится кадмий (коэффициенты накопления более 1,0). К ЛРС, сильно накапливающим ртуть, относятся листья крапивы двудомной (коэффициент накопления 1,25).

Все изготовленные настои и отвары соответствовали требованиям ГФ по содержанию нормируемых элементов.

Общая абсолютная концентрация контролируемых в ЛРП тяжелых металлов и мышьяка варьировала от 0,004 мкг/мл до 0,038 мкг/мл, а относительная – от 0,0003% до 0,0017%. Содержание ртути в водных извлечениях оказалось менее 0,0001 мкг/мл, кадмия – от 0,0001 мкг/мл до 0,0017 мкг/мл, свинца – от 0,003 мкг/мл до 0,0241 мкг/мл, мышьяка – от 0,0008 мкг/мл до 0,0126 мкг/мл (табл. 3).

Исследование степени перехода определяемых элементов по цепочке «почва – ЛРС – водные извлечения» показало (таблица 5), что нормируемые в ЛРС элементы в наибольшей степени мигрировали из почв через ЛРС в отвар корней лопуха обыкновенного: кадмий на 74,91%, мышьяк – 13,98%, свинец – 6,02%. Наименьшая степень перехода отмечена для настоя исследуемых цветков: для кадмия – на 4,78%, мышьяка – 0,46%, свинца – 0,73%. Степень перехода ртути составила менее 2%. Таким образом, из нормируемых ГФ XIV элементов наиболее эффективно мигрирует в водные извлечения кадмий.

Таблица 1

Table 1

Содержание токсичных микроэлементов в образцах лекарственного растительного сырья (в пересчете на абсолютно сухое сырье), мкг/г

Content of toxic microelements in samples of medicinal plant raw materials (in terms of absolutely dry raw materials), µg/g

Элемент Element	Cd	As	Hg	Pb	Всего токсичных элементов Total toxic elements	Всего определено Total defined
Цветки пижмы обыкновенной Tanacetum vulgare flowers	0.003	0.03	0.0002	0.12	0.15	42252.0
Цветки липы сердцевидной Heart-shaped linden flowers	0.002	0.012	0.0001	0.13	0.14	38530.97
Листья подорожника большого Big plantain leaves	0.027	0.332	0.0064	0.65	1.02	61499.84
Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	0.012	0.098	0.0626	0.44	0.61	76757.19
Трава тысячелистника обыкновенного Yarrow (milfoil) grass	0.022	0.21	0.0027	0.27	0.5	32770.5
Трава пустырника пятилопастного Quinquelobate motherwort grass	0.034	0.19	0.0041	0.23	0.46	58065.73
Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	0.025	0.364	0.0045	0.35	0.74	43978.78
Трава горца птичьего Knotgrass	0.093	0.08	0.0027	0.28	0.46	37045.59
Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	0.053	0.281	0.0051	0.61	0.95	48063.02
Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicinal roots	0.034	0.13	0.0025	1.95	2.12	19063.72
Почва Soil	0.023	0.9	0.05	4.0	4.97	439369.69

Таблица 2

Table 2

Коэффициенты накопления различных элементов изучаемыми видами лекарственного растительного сырья из почв

Factors of accumulation of various elements by studied types of medicinal plant raw materials from soils

Элемент Element	Cd	As	Hg	Pb
Цветки пижмы обыкновенной Tanacetum vulgare flowers	0.13	0.03	<0.01	0.03
Цветки липы сердцевидной Heart-shaped linden flowers	0.09	0.01	<0.01	0.03
Листья подорожника большого Big plantain leaves	1.17	0.37	0.13	0.16
Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	0.52	0.11	1.25	0.11
Трава тысячелистника обыкновенного Yarrow (milfoil) grass	0.96	0.23	0.05	0.07
Трава пустырника пятилопастного Quinquelobate motherwort grass	1.48	0.21	0.08	0.06
Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	1.09	0.4	0.09	0.09
Трава горца птичьего Knotgrass	4.04	0.09	0.05	0.07
Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	2.3	0.31	0.1	0.15
Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots	1.48	0.14	0.05	0.49

Таблица 3

Table 3

Содержание токсичных микроэлементов в водных извлечениях из лекарственного растительного сырья, мкг/г

Content of toxic trace elements in aqueous extracts from medicinal plant raw materials, µg/g

Элемент Element	Cd	As	Hg	Pb	Всего токсичных элементов Total toxic elements	Всего определено Total defined
Цветки пижмы обыкновенной Tanacetum vulgare flowers	0.0001	0.0008	<0.0001	0.0029	0.19	1518.9
Цветки липы сердцевидной Heart-shaped linden flowers	0.0001	0.0004	<0.0001	0.0099	0.191	859.5
Листья подорожника большого Big plantain leaves	0.0006	0.011	<0.0001	0.016	5.348	2100.3
Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	0.0003	0.0058	<0.0001	0.0045	1.021	2540.8
Трава тысячелистника обыкновенного Yarrow (milfoil) grass	0.0002	0.007	<0.0001	0.0034	0.193	1292
Трава пустырника пятилопастного Quinquelobate motherwort grass	0.0001	0.0081	<0.0001	0.0049	1.478	2164.2
Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	0.0011	0.0096	<0.0001	0.0118	0.528	1713.4
Трава горца птичьего Knotgrass	0.0008	0.0028	<0.0001	0.0134	2.356	1510.2
Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	0.0017	0.0126	<0.0001	0.0241	3.321	2271.7
Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots	0.001	0.0089	<0.0001	0.0038	0.364	823.2

Таблица 4

Table 4

Степень экстракции токсичных микроэлементов из лекарственного растительного сырья в водное извлечение, %

Degree of extraction of toxic trace elements from medicinal plant raw materials into aqueous extraction, %

Элемент Element	Cd	As	Hg	Pb
Цветки пижмы обыкновенной Tanacetum vulgare flowers	36.67	28.33	–	24.17
Цветки липы сердцевидной Heart-shaped linden flowers	55	34.17	–	76.15
Листья подорожника большого Big plantain leaves	22.41	33.18	–	24.64
Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	25.42	59.18	–	10.23
Трава тысячелистника обыкновенного Yarrow (milfoil) grass	10.91	33.52	–	12.59
Трава пустырника пятилопастного Quinquelobate motherwort grass	3.79	42.49	–	21.1
Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	44.48	26.33	–	33.58
Трава горца птичьего Knotgrass	9.02	35.27	–	47.73
Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	32.51	44.77	–	39.5
Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots	30.29	68.46	–	1.95

Таблица 5

Table 5

Степень транссредового перехода тяжелых металлов и мышьяка по цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения», %

Degree of trans-medium transition of heavy metals and arsenic along the chain “soil – medicinal plant raw materials – water extraction”, %

Элемент Element	Cd	As	Hg	Pb
Цветки пижмы обыкновенной Tanacetum vulgare flowers	4.78	0.94	<2.00	0.73
Цветки липы сердцевидной Heart-shaped linden flowers	4.78	0.46		2.48
Листья подорожника большого Big plantain leaves	26.3	12.24		4
Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	13.26	6.44		1.13
Трава тысячелистника обыкновенного Yarrow (milfoil) grass	10.43	7.82		0.85
Трава пустырника пятилопастного Quinquelobate motherwort grass	5.61	8.97		1.21
Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	48.35	10.65		2.94
Трава горца птичьего Knotgrass	36.48	3.14		3.34
Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	74.91	13.98		6.02
Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots	44.78	9.89		0.95

Таким образом, результаты исследования показали, что содержание нормируемых в ЛРС естественного фитоценоза Воронежской области токсичных микроэлементов не превышает фармакопейных требований, а общая доля их в общем минеральном комплексе – не более 0,011%. К сильно накапливаемым элементам в траве горца птичьего, корнях лопуха обыкновенного, корнях одуванчика лекарственного, траве пустырника пятилопастного, листьях подорожника большого, траве полыни горькой относится кадмий. К ЛРС, сильно накапливающим ртуть, относятся листья крапивы двудомной. Все изготовленные настои и отвары из изучаемого сырья также соответствовали фармакопейным требованиям по содержанию нормируемых элементов. Эффективность перехода кадмия в настои и отвары из ЛРС варьировала от 9,02% до 55,00%, мышьяка – от 26,33% до 68,46%, свинца – от 1,95% до 76,15%. По цепочке «почва – ЛРС – водные извлечения» нормируемые в ЛРС элементы в наибольшей степени мигрировали в отвар корней лопуха обыкновенного: кадмий на 74,91%, мышьяк – 13,98%, свинец – 6,02%. Наименьшая степень перехода отмечена для настоя исследуемых цветков: для кадмия – на 4,78%, мышьяка – 0,46%, свинца – 0,73%. Полученные данные представляют интерес и могут служить основой для проведения дальнейших исследований с целью использования их результатов в медицинской и фармацевтической практике.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

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

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Дьякова Н.А. Особенности накопления в лекарственном растительном сырье и извлечения в настои и отвары эссенциальных микроэлементов. *Биофармацевтический журнал*. 2022;14(4):3–11 [D'yakova N.A. Accumulation in medicinal plant raw materials and extraction in infusions and decoctions of essential trace elements. *Biofarmaceuticheskiy zhurnal*. 2022;14(4):3–11 (in Russ.)]. DOI: 10.30906/2073-8099-2022-14-4-3-11. EDN: IBYNDK.
2. Попов А.И. Фронтальный элементный анализ цветков пижмы. *Фармация*. 1993;32(1):51–53 [Popov A.I. Frontal elemental analysis of tansy flowers. *Farmaciya*. 1993;32(1):51–53. (in Russ.)].
3. Попов А.И. Фронтальный элементный анализ листьев подорожника большого. *Химико-фармацевтический журнал*. 1993;11:50–52 [Popov A.I. Frontal elemental analysis of large plantain leaves. *Himiko-farmaceuticheskiy zhurnal*. 1993;11:50–52 (in Russ.)].
4. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье Центрального Черноземья и их влияния на накопление биологически активных веществ. *Химико-фармацевтический журнал*. 2020;54(6):68–72. DOI: 10.30906/0023-1134-2020-54-6-49-53. EDN: GIDGKE. [D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Assessment of radionuclide contents in medicinal plant raw material of the central black-earth belt and their influence on accumulation of biologically active compounds. *Pharmaceutical chemistry journal*. 2020;54(6):626–630. DOI: 10.30906/0023-1134-2020-54-6-49-53. EDN: HPGDWJ].
5. Попов А.И. Минеральные вещества травы горца птичьего. *Вопросы питания*. 1994;1(2):38–39 [Popov A.I. Mineral substances grass mountain bird. *Voprosy pitaniya*. 1994;1(2):38–39 (in Russ.)].
6. Рудая М.А., Тринеева О.В., Сливкин А.И. Исследование элементного состава плодод облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) различных сортов. *Микроэлементы в медицине*. 2018;19(3):49–59 [Rudaya M.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. Study of elemental composition of buckthorn fruits (*Hippophae rhamnoides* L.) of various varieties. *Mikroelementy v medicine*. 2018;19(3):49–59. (in Russ.)]. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59. EDN: YKVYOT.
7. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Чупандина Е.Е., Гапонов С.П. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей. *Химия растительного сырья*. 2020;(4):5–13 [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Chupandina E.E., Gaponov S.P. Identification of permissible zones for preparation of medicinal vegetal raw materials near transport highways. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2020;(4):5–13 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.2020047609. EDN: KCCAGM.
8. Гравель И.В., Иващенко Н.В., Самылина И.А. Микроэлементный состав спазмолитического сбора и его компонентов. *Фармация*. 2011;(1):9–11 [Gravel' I.V., Ivashchenko N.V., Samylina I.A. Trace element composition of spasmolytic herbal tea and its components. *Farmatsiya*. 2011;(1):9–11 (in Russ.)]. EDN: NDCUNN
9. Гравель И.В., Лёвушкин Д.В., Михеев И.В., Скибина А.А. Содержание макроэлементов в грудном сборе № 4. *Традиционная медицина*. 2021;66(3):19–26 [Gravel' I.V., Lyovushkin D.V., Miheev I.V., Skibina A.A. The amount of macroelements in the pectorales species No. 4. *Traditsionnaya meditsina*. 2021;66(3):19–26. (in Russ.)]. DOI: 10.54296/18186173_2021_3_19. EDN: IRPDT.

10. Гравель И.В., Нгуен Т.Н.К., Алексеева Н.А., Тарасенко О.А. Изучение минерального состава сырья и водных извлечений двух видов мяты. *Фармация*. 2013;(3):24–27 [Gravel' I.V., Nguen T.N.K., Alekseeva N.A., Tarasenko O.A. Investigation of the mineral composition of raw material and aqueous extracts from two species of mint (*Mentha*). *Farmatsiya*. 2013;(3):24–27 (in Russ.)]. EDN: QCNGVB.
11. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов цветками липы сердцевидной, произрастающей в агро- и урбоэкосистемах Воронежской области. *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. 2020;(5):70–79 [D'yakova N.A. Accumulation of heavy metals by linden flowers of a heart-shaped linden growing in the agro- and urboecosystems of the Voronezh region. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2020;(5):70–79 (in Russ.)]. DOI: 10.17076/eco1150. EDN: BJRXVT
12. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Мындра А.А. Анализ взаимосвязи между накоплением поллютантов и основных биологически активных групп веществ в лекарственном растительном сырье на примере травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) и листьев подорожника большого (*Plantago major* L.). *Химико-фармацевтический журнал*. 2015;49(6):25–28 [D'yakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A. Analysis of the relationship between the accumulation of pollutants and the main biologically active groups of substances in medicinal plant raw materials using the example of poultry mountain grass (*Polygonum aviculare* L.) and large plantain leaves (*Plantago major* L.). *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal = Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015;49(6):25–28.].
13. Баяндина И.И., Загуская Ю.В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях. *Сибирский медицинский журнал*. 2014;(8):107–111 [Bayandina I.I., Zaguskaya Y.V. THE Relationship of secondary metabolism and chemical elements in medicinal plants. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2014;(8):107–111 (in Russ.)]. EDN: TYSDNH.
14. Королёв А.С., Гладышев А.А., Юткина И.С. Особенности накопления биоэлементов в надземной части *Artemisia absinthium* L. на шламовом поле криолитового завода. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014;5(49):159–161 [Korolyov A.S., Gladyshev A.A., Yutkina I.S. Peculiarities of bioelements accumulation in the above-ground part of *Artemisia absinthium* L. on the slime field of the cryolite plant. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2014;5(49): 159–161 (in Russ.)]. EDN: TBRQRJ.
15. Wada O., Yanagisawa H. Trace elements, with special reference to the usefulness and safety of zinc. *Medicine and Drug Journal*. 1997;33(12):126–134.
16. Скальный А.В., Скальная М.Г., Киричук А.А., Тиньков А.А. *Медицинская элементология*. Москва: Наука, 2021. 199 с [Skal'nyj A. V., Skal'naya M.G., Kirichuk A.A., Tin'kov A.A. *Medical elementology*. Moscow: Nauka, 2021. 199 p. (in Russ.)].
17. Куркин В.А. *Фармакогнозия*. Самара: Офорт, 2004. 1179 с. [Kurkin V.A. *Pharmacognosy*. Samara: Ofort, 2004. 1179 p. (in Russ.)].
18. *Государственная фармакопея Российской Федерации*. Издание XIV. Том 4. Москва: ФЭМБ, 2018. 1883 с. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB; 2018. 1883 p. (in Russ.)].

Поступила в редакцию 16.10.2022

Подписана в печать 19.05.2023

Для цитирования: Дьякова Н.А. Особенности трансредового перехода тяжелых металлов и мышьяка по цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения». *Человек и его здоровье*. 2023;26(1):64–71. DOI: 10.21626/vestnik/2023-1/08. EDN: IXISIM

PECULIARITIES OF HEAVY METAL AND ARSENIC TRANS-MEDIUM TRANSITION ALONG THE CHAIN "SOIL - MEDICINAL PLANT MATERIAL - WATER EXTRACTS"

© Dyakova N.A.

Voronezh State University (VSU)

1, University Sq., Voronezh, Voronezh region, 394006, Russian Federation

Low-quality herbal raw materials and the products obtained from them are important sources of various ecotoxins, especially heavy metals, entering the human body. Aqueous extractions of medicinal plant raw materials - decoctions and infusions - are of a particular interest in this respect - as they are the most accessible and frequently used dosage forms in medical and pharmaceutical practice and traditional medicine, being at present insufficiently studied as sources of intake of various microelements in the human body.

Objective: to investigate the peculiarities of heavy metals and arsenic trans-mediated transition along the chain "soil - medicinal plant raw materials - infusions and decoctions".

Materials and methods. Raw materials were harvested during the flowering period in Voronezh Biosphere Reserve. The microelement composition of the samples was studied by mass spectroscopy on an ELAN-DRC device.

Results The content of toxic microelements estimated in medicinal plant raw materials of natural phytocenosis of Voronezh region does not exceed the pharmacopoeial requirements, and their total proportion in the total mineral complex - not more than 0.011%. All made infusions and decoctions from the studied raw materials infusions and decoctions also corresponded to pharmacopoeial requirements on the content of normalized elements. The efficiency of cadmium transfer in infusions and decoctions from medicinal plant raw materials ranged from 9.02% to 55.00%, arsenic - from 26.33% to 68.46%, lead - from 1.95% to 76.15%. In the chain "soil - medicinal plant material - water extracts" normalized elements in LRS to the greatest extent migrated to the decoction of burdock root: cadmium - 74.91%, arsenic - 13.98%, lead - 6.02%. The lowest degree of transition was noted for the infusion of the studied flowers: for cadmium - 4.78%, arsenic - 0.46%, lead - 0.73%.

Conclusion. The findings are of great interest and may serve both for further research and for using in medical and pharmaceutical practice.

Keywords: Voronezh region; lead; mercury; arsenic; cadmium; medicinal herbal raw materials; accumulation coefficients.

Dyakova Nina A. - Cand. Sci. (Biol.), Assistant Professor, Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, VSU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-0766-3881. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

Received 16.10.2023

Accepted 19.05.2023

For citation: Dyakova N.A. 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. DOI: 10.21626/vestnik/2023-1/08. EDN: IXISIM