

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 574.24:615.322

DOI 10.34014/2227-1848-2022-3-156-165

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЛЫНИ ГОРЬКОЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ФИТОЦЕНОЗА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Дьякова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

Исследования элементного состава дикорастущего сырья являются актуальными и значимыми в силу высокой эффективности и биологической доступности содержащихся в растениях металлоорганических форм. Имеющиеся сведения о содержании элементов в лекарственном растительном сырье Воронежской области показали, что исследования проводятся в основном по нескольким элементам, что не позволяет определить полный химический состав растений и описать специфику накопления в них всего комплекса минеральных веществ.

Цель исследования – изучение особенностей накопления макро- и микроэлементов в полыни горькой естественного фитоценоза Воронежской области.

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. Выявлено, что содержание микроэлементного комплекса составляет 4,4 %, определено 59 элементов. Макроэлементы составляют 96,03 % всего элементного состава травы полыни горькой. Основу макроэлементов составляет калий (более 25 мг/г), а также кальций (более 10 мг/г). Эссенциальные микроэлементы составляют 3,49 % общего минерального комплекса травы полыни горькой. Среди них наибольшее содержание отмечено для кремния (более 1,2 мг/г) и железа (более 0,1 мг/г). Содержание нормируемых тяжелых металлов и мышьяка в траве полыни горькой соответствует требованиям нормативной документации. На долю свинца, ртути, кадмия и мышьяка приходится 0,0017 % общего минерального комплекса сырья. Доля токсичных и малоизученных элементов в общем минеральном комплексе травы полыни горькой составляет 0,48 %. Наибольшее содержание отмечено для алюминия (135,6 мкг/г), рубидия (27,66 мкг/г), стронция (24,95 мкг/г), бария (11,98 мкг/г), титана (9,52 мкг/г). Показана высокая способность травы полыни горькой к накоплению из почвы фосфора, калия, меди, цинка, кадмия и молибдена, а также к аккумуляции кальция, магния, никеля, мышьяка, рубидия, олова и стронция.

Ключевые слова: *полынь горькая, микроэлементы, макроэлементы, лекарственное растительное сырье, коэффициенты накопления, Воронежская область.*

Введение. В настоящее время актуальным является изучение биологической активности различных веществ органической природы и веществ минерального происхождения, оказывающих влияние на жизненно важные процессы в организме. Описано участие макро- и микроэлементов в потенцировании фармакологического действия лекарственных растительных препаратов и стимуляции биосинтеза вторичных метаболитов в растительном орга-

низме [1–3]. Содержащиеся в растениях микроэлементы образуют с биологически активными веществами комплексы органической природы, которые эффективнее усваиваются в организме человека, чем препараты на основе неорганических соединений. При изучении элементного состава лекарственного растительного сырья (ЛРС) особый интерес представляют те виды, которые используются для производства комплексных фитопрепаратов [4–6].

Известно, что лекарственные растения содержат не только эссенциальные элементы, но и различные соединения антропогенного происхождения, среди которых наиболее распространенными являются тяжелые металлы [7–9].

Анализ литературных данных показал, что элементный комплекс лекарственных растений Центрального Черноземья изучен мало [10–12]. Сведения о содержании элементов в ЛРС региона касаются лишь нескольких элементов, что не позволяет определить полный химический состав растений и описать специфику накопления в них, как отдельно существующей геосфере, различных элементов [13–17].

Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.) – многолетнее, повсеместно встречающееся травянистое, издревле используемое в медицине растение с выраженным желчегонным и противовоспалительным эффектом, рефлекторно усиливающее секрецию желудочного сока, способствующее повышению аппетита. Широкое фармацевтическое и медицинское применение данного сырья обусловлено не только высоким содержанием органических биологически активных веществ, основу которых составляют флавоноиды, эфирное масло, дубильные вещества, каротин, органические кислоты, горькие гликозиды, витамины, но и богатым макро- и микроэлементным комплексом [14, 18].

Цель исследования. Изучение особенностей накопления макро- и микроэлементов в траве полыни горькой естественного фитоценоза Воронежской области.

Материалы и методы. Заготовку ЛРС осуществляли по фармакопейным правилам

[19] в экологически чистом месте – Воронежском государственном заповеднике имени В.М. Пескова (Рамонский район Воронежской области) в естественной заросли в период цветения растения (в июле 2020 г.). Траву полыни горькой срезали ножницами, сушили теневым способом. Также отбирали пробы почв с места произрастания объекта исследования. Образцы для анализа подвергали разложению смесью азотной и плавиковой кислот с использованием систем микроволновой пробоподготовки. Растворенную пробу количественно переносили в пробирку объемом 15 мл, троекратно встряхивая вкладыш с крышкой с 1 мл деионизованной воды и перенося каждый смыв в пробирку, доводили объем до 10 мл деионизованной 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. Элементный состав ЛРС определяли методом масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой на приборе ELAN-DRC (Perkin Elmer 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 оценки особенностей накопления элементов из почв рассчитывали коэффициенты накопления [11, 12].

Результаты. Результаты, полученные при изучении элементного состава исследуемых образцов, приведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Результаты исследования образцов лекарственного растительного сырья и почв

Results of the sample study of medicinal plant raw material and soils

Элемент Element	Содержание в ЛРС, мкг/г Element concentration in medicinal plant raw material, µg/g	Доля элемента в общей сумме минерального комплекса, % Element concentration in total mineral complex, %	Содержание в почве, мкг/г Element concentration in soil, µg/g	Коэффициент накопления элемента в ЛРС Element accumulation ratio in medicinal plant raw material
Макроэлементы Macro elements				
Калий Potassium	25932,7	58,97	10500	2,47

Элемент Element	Содержание в ЛРС, мкг/г Element concentration in medicinal plant raw material, µg/g	Доля элемента в общей сумме минерального комплекса, % Element concentration in total mineral complex, %	Содержание в почве, мкг/г Element concentration in soil, µg/g	Коэффициент накопления элемента в ЛРС Element accumulation ratio in medicinal plant raw material
Кальций Calcium	10008,7	22,76	19660	0,51
Натрий Sodium	40,6	0,09	3300	0,01
Магний Magnesium	1982,9	4,51	4400	0,45
Фосфор Phosphorus	4267,3	9,70	730	5,85
Всего Total	42232,2	96,03	38590	-
Эссенциальные микроэлементы Essential trace elements				
Ванадий Vanadium	0,25	0,00057	78	<0,01
Железо Iron	185	0,42066	19100	0,01
Кобальт Cobalt	0,2	0,00045	3,3	0,06
Кремний Silicon	1262,4	2,87048	347000	<0,01
Литий Lithium	0,074	0,00017	8,5	0,01
Никель Nickel	1,09	0,00248	2,3	0,47
Марганец Manganese	45,67	0,10385	370	0,12
Медь Copper	12,54	0,02851	3,1	4,05
Молибден Molybdenum	0,925	0,00210	0,87	1,06
Селен Selenium	0,041	0,00009	8,5	<0,01
Хром Chrome	0,59	0,00134	4,2	0,14
Цинк Zinc	25,27	0,05746	12	2,11
Всего Total	1534,05	3,49	366590,77	-
Нормируемые токсичные микроэлементы Normalized toxic trace elements				
Кадмий Cadmium	0,025	0,00006	0,023	1,09

Элемент Element	Содержание в ЛРС, мкг/г Element concentration in medicinal plant raw material, µg/g	Доля элемента в общей сумме минерального комплекса, % Element concentration in total mineral complex, %	Содержание в почве, мкг/г Element concentration in soil, µg/g	Коэффициент накопления элемента в ЛРС Element accumulation ratio in medicinal plant raw material
Мышьяк Arsenic	0,364	0,00083	0,9	0,40
Ртуть Mercury	0,0045	0,000010	0,05	0,09
Свинец Lead	0,35	0,000796	4,0	0,09
Всего Total	0,74	0,00169	4,97	
Другие малоизученные и токсичные элементы Other understudied and toxic elements				
Алюминий Aluminum	135,6	0,308331	31100	<0,01
Барий Barium	11,98	0,027240	290	0,04
Бериллий Beryllium	0,001	0,000002	2,0	<0,01
Вольфрам Tungsten	0,15	0,000341	0,78	0,19
Висмут Bismuth	0,004	0,000009	0,11	0,04
Гадолиний Gadolinium	0,012	0,000027	3,0	<0,01
Галлий Gallium	0,065	0,000148	8,8	0,01
Гафний Hafnium	0,006	0,000014	1,6	<0,01
Германий Germanium	0,003	0,000007	1,1	<0,01
Гольмий Holmium	0,002	0,000005	0,36	0,01
Диспрозий Dysprosium	0,01	0,000023	2,0	0,01
Европий Europium	0,003	0,000007	0,65	<0,01
Золото Gold	0,0055	0,000013	0,06	0,09
Иттербий Ytterbium	0,005	0,000011	1,1	<0,01
Иттрий Yttrium	0,054	0,000123	9,9	0,01
Лантан Lanthanum	0,07	0,000159	18	<0,01

Элемент Element	Содержание в ЛРС, мкг/г Element concentration in medicinal plant raw material, µg/g	Доля элемента в общей сумме минерального комплекса, % Element concentration in total mineral complex, %	Содержание в почве, мкг/г Element concentration in soil, µg/g	Коэффициент накопления элемента в ЛРС Element accumulation ratio in medicinal plant raw material
Лютеций Lutetium	0,001	0,000002	0,16	0,01
Неодим Neodymium	0,061	0,000139	15,0	<0,01
Ниобий Niobium	0,024	0,000055	6,7	<0,01
Олово Tin	0,46	0,001046	1,2	0,38
Празеодим Praseodymium	0,016	0,000036	4,1	<0,01
Рубидий Rubidium	27,66	0,062894	63	0,44
Самарий Samarium	0,011	0,000025	3,2	<0,01
Серебро Silver	0,014	0,000032	0,19	0,07
Скандий Scandium	0,54	0,001228	50,0	0,01
Стронций Strontium	24,95	0,056732	73,0	0,34
Сурьма Antimony	0,061	0,000139	0,41	0,15
Таллий Thallium	0,0016	0,000004	0,23	0,01
Тантал Tantalum	0,002	0,000005	0,5	<0,01
Теллур Tellurium	0,004	0,000009	0,1	0,04
Тербий Terbium	0,002	0,000005	0,44	<0,01
Титан Titan	9,52	0,021647	2400,0	<0,01
Торий Thorium	0,021	0,000048	5,4	<0,01
Тулий Thulium	0,001	0,000002	0,16	0,01
Уран Uranium	0,016	0,000036	1,2	0,01
Цезий Caesium	0,04	0,000091	2,3	0,02
Церий Cerium	0,15	0,000341	38	<0,01

Элемент Element	Содержание в ЛРС, мкг/г Element concentration in medicinal plant raw material, µg/g	Доля элемента в общей сумме минерального комплекса, % Element concentration in total mineral complex, %	Содержание в почве, мкг/г Element concentration in soil, µg/g	Коэффициент накопления элемента в ЛРС Element accumulation ratio in medicinal plant raw material
Цирконий Zirconium	0,257	0,000584	78	<0,01
Эрбий Erbium	0,005	0,000011	1,2	<0,01
Всего Total	211,79	0,48	34183,95	-

Обсуждение. Содержание микроэлементного комплекса составляет 4,4 % в пересчете на абсолютно сухое сырье. Масс-спектрометрически определено 59 элементов, условно разделенных на макроэлементы, содержащиеся в значительных количествах (более 0,1 % массы тела), и микроэлементы, содержание которых варьирует в пределах от 0,001 до 0,00001 %. Среди микроэлементов особую группу составляют эссенциальные микроэлементы, участвующие в обеспечении жизнедеятельности. К группе токсичных и малоизученных отнесены те микроэлементы, биологическая роль которых изучена недостаточно, многие из них обладают значительной токсичностью [16, 17, 20].

Макроэлементы составляют 96,03 % всего элементного состава травы полыни горькой. Основными являются калий (более 25 мг/г) и кальций (более 10 мг/г). В целом по содержанию макроэлементов можно выстроить следующий ряд убывания: калий > кальций > фосфор > магний > натрий. Рассчитанные коэффициенты накопления элементов из почв показали высокую способность травы полыни горькой к аккумуляции фосфора, а также калия, содержание которых в ЛРС значительно превышает их концентрацию в почвах. Эффективно, однако менее 100 % от содержания в грунте, накапливаются в изучаемом сырье магний и кальций. При этом натрий практически не накапливается (около 1 % от содержания в почве переходит в траву полыни горькой).

Эссенциальные микроэлементы составляют 3,49 % общего минерального комплекса травы полыни горькой. Среди них наибольшее содержание отмечено для кремния (более

1,2 мг/г) и железа (более 0,1 мг/г). Ряд убывания содержания эссенциальных микроэлементов в сырье выглядит следующим образом: кремний > железо > марганец > цинк > медь > никель > молибден > хром > ванадий > кобальт > литий > селен. При этом показана высокая способность травы полыни горькой к аккумуляции из почв меди, цинка и молибдена (коэффициенты накопления больше 1,0). Эффективно переходит в состав ЛРС также никель. Кремний, отличающийся высокой концентрацией в составе ЛРС, накапливается в количестве менее 1 % от содержания в почве произрастания вида. Остальные эссенциальные элементы имеют также низкие коэффициенты накопления (не более 0,14).

Содержание нормируемых тяжелых металлов и мышьяка в траве полыни горькой соответствует требованиям нормативной документации [10]. На долю свинца, ртути, кадмия и мышьяка приходится 0,0017 % общего минерального комплекса сырья. Из данной группы элементов в ЛРС в наибольшей степени аккумулируются кадмий и мышьяк (коэффициенты накопления 1,09 и 0,40 соответственно), остальные накапливаются из почв неактивно – рассчитанные показатели не превышают 0,09.

Доля токсичных и малоизученных элементов в общем минеральном комплексе травы полыни горькой составляет 0,48 %. Наибольшее содержание отмечено для алюминия (135,6 мкг/г), рубидия (27,66 мкг/г), стронция (24,95 мкг/г), бария (11,98 мкг/г) и титана (9,52 мкг/г). Выявлена способность травы полыни горькой к аккумуляции из почв рубидия, олова и стронция (коэффициенты накопления 0,44, 0,38, 0,34 соответственно).

Остальные элементы аккумулируются в изучаемом ЛРС неактивно (коэффициенты накопления не более 0,2).

Заключение. Результаты исследования показали богатый макро- и микроэлементный состав травы полыни горькой, заготовленной в Воронежской области. Выявлено, что содержание нормируемых токсичных тяжелых металлов и мышьяка не превышает предельно допустимых концентраций, установленных для оценки качества ЛРС. Отмечено относительно высокое содержание, наряду с макроэлементами, кремния, железа, алюминия. По-

казана высокая способность травы полыни горькой к накоплению из почвы фосфора, калия, меди, цинка, кадмия и молибдена, а также кальция, магния, никеля, мышьяка, рубидия, олова и стронция. Полученные данные представляют интерес и могут служить основой для проведения дальнейших исследований с целью использования их результатов в медицинской и фармацевтической практике при создании лекарственных препаратов и биологически активных добавок для коррекции физиологических норм содержания элементов в организме человека.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. *Austenfeld F.A.* Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei Phaseolum vulgaris L. Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. 1979; 142 (6): 769–777.
2. *Sharma D.S., Chatterjee C., Sharma C.P.* Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. Plant. Sci. 1995; 2: 145–151.
3. *Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T.* Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun. Poland Polish Journal of Environmental Studies. 2000; 6: 511–515.
4. *Cataldo D.A., Wildung R.E.* Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. Environ Health Perspect. 1978; 27: 149–159.
5. *Castanheiro A., DeWael K., Samson R.* Urban green as indicator of metal pollution. 15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism. Dinant; 2016: 15–17.
6. *Castanheiro A., Samson R., DeWael K.* Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green. Science of the Total Environment. 2016; 571: 594–602.
7. *Семенова И.Н., Сингизова Г.Ш., Зулкарнаев А.Б., Ильбулова Г.Ш.* Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. Современные проблемы науки и образования. 2015; 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (дата обращения: 10.11.2019).
8. *Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Шайхутдинова А.А.* Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжелыми металлами. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012; 1 (33): 230–234.
9. *Зайцева М.В., Кравченко А.Л., Стекольников Ю.А., Сотников В.А.* Тяжелые металлы в системе почва-растение в условиях загрязнения. Ученые записки Орловского государственного университета. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. 2013; 3: 190–192.
10. *Дьякова Н.А.* Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018; 3 (24): 140–143.
11. *Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П.* Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье. Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология, фармация. 2018; 1: 124–131.
12. *Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Кукуева Л.Л., Мындра А.А., Шушуннова Т.Г.* Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области. Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология, фармация. 2016; 2: 119–126.
13. *Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П.* Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной. Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология, фармация. 2017; 1: 148–154.
14. *Дьякова Н.А.* Накопление тяжелых металлов и мышьяка травой полыни горькой. Известия Саратовского университета. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020; 4: 445–453.

15. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A.I., Chupandina E.I. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia. *Advances in Biological Sciences Research*. 2019; 7: 94–96.
16. Тринева О.В., Сливкин А.И. Исследование микроэлементного состава листьев крапивы двудомной. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Медицина. Фармация*. 2015; 22 (219): 169–174.
17. Сливкин А.И., Тринева О.В. Исследования элементного состава лекарственного растительного сырья методом масс-спектрометрии (на примере листьев крапивы двудомной и плодов облепихи крушиновидной). *Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация*. 2016; 1: 152–156.
18. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1180.
19. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. 2. Москва: ФЭМБ; 2018. 1423.
20. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing; 2013.

Поступила в редакцию 01.07.2022; принята 05.08.2022.

Автор

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». 394007, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1; e-mail: Ninochka_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>.

Образец цитирования

Дьякова Н.А. Изучение элементного состава полыни горькой естественного фитоценоза Воронежской области. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2022; 3: 156–165. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-3-156-165.

ULTIMATE COMPOSITION OF NATURAL WORMWOOD IN VORONEZH REGION

N.A. D'yakova

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Studies of the ultimate composition of wild-growing raw material are relevant due to the high efficacy and bioavailability of organometallic forms contained in plants. The available information on the abundance of elements in the medicinal plant raw material (Voronezh region) showed that studies were carried out mainly on several elements. It prevented from determining the complete chemical composition of plants and describing the accumulation of the entire mineral elements complex.

The purpose of the paper is to study how macro and trace elements are accumulated in natural wormwood in Voronezh region.

Materials and Methods. Raw material procurement was carried out during the blooming in the Voronezh State Nature Biosphere Reserve. The method of mass spectrometry was used to study the trace element composition of the samples, ELAN-DRC mass spectrometer.

Results. The authors revealed that the trace element content was 4.4 %, 59 elements were determined. Macro elements made up 96.03 % of the total elemental composition of wormwood. Potassium (>25 mg/g) and calcium (>10 mg/g) were the main macro elements. Essential trace elements made up 3.49 % of the total wormwood complex. Among them, silicon (>1.2 mg/g) and iron (>0.1 mg/g) ranked the largest. The content of normalized heavy metals and arsenic in wormwood satisfied the regulatory requirements. Lead, mercury, cadmium and arsenic accounted for 0.0017 % of the total raw material mineral complex. The proportion of toxic and understudied elements in the total mineral wormwood complex was 0.48 %. The highest content was noted for aluminum (135.6 µg/g), rubidium (27.66 µg/g), strontium (24.95 µg/g), barium (11.98 µg/g), and titanium (9.52 µg/g). It was noted that wormwood also accumulated phosphorus, potassium, copper, zinc, cadmium, molybdenum, calcium, magnesium, nickel, arsenic, rubidium, tin and strontium from the soil.

Key words: wormwood, trace elements, macro elements, medicinal plant raw material, accumulation factors, Voronezh region.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

References

1. Austenfeld F.A. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. *Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde*. 1979; 142 (6): 769–777.
2. Sharma D.S., Chatterjee C., Sharma C.P. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. *Plant. Sci*. 1995; 2: 145–151.
3. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun. *Poland Polish Journal of Environmental Studies*. 2000; 6: 511–515.
4. Cataldo D.A., Wildung R.E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environ Health Perspect*. 1978; 27: 149–159.
5. Castanheiro A., DeWael K., Samson R. *Urban green as indicator of metal pollution. 15th Castle Meeting New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism*. Dinant; 2016: 15–17.
6. Castanheiro A., Samson R., DeWael K. Magnetic- and particle-based techniques to investigate metal deposition on urban green. *Science of the Total Environment*. 2016; 571: 594 – 602.
7. Semenova I.N., Singizova G.Sh., Zulkaranaev A.B., Il'bulova G.Sh. Vliyanie medi i svintsa na rost i razvitiye rasteniy na primere *Anethum graveolens* L. [The influence of copper and lead on the growth and development of plants on the example of *Anethum graveolens* L.]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; 3. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19568> (accessed: November 10, 2019) (in Russian).
8. Nemereshina O.N., Gusev N.F., Petrova G.V., Shaykhutdinova A.A. Nekotorye aspekty adaptatsii *Polygonum aviculare* L. k zagryazneniyu pochvy tyazhelymi metallami [Some aspects of *Polygonum aviculare* L. adaptation to soil contamination with heavy metals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012; 1 (33): 230–234 (in Russian).
9. Zaytseva M.V., Kravchenko A.L., Stekol'nikov Yu.A., Sotnikov V.A. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie v usloviyakh zagryazneniya [Heavy metals in soil plant in pollution]. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki*. 2013; 3: 190–192 (in Russian).
10. D'yakova N.A. Effektivnost' i radiatsionnaya bezopasnost' lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Tsentral'nom Chernozem'e [Efficiency and radiative safety of medicinal plant raw materials of the plantain big, collected in the Central Black Earth Region]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*. 2018; 3 (24): 140–143 (in Russian).
11. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Otsenka effektivnosti i bezopasnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Tsentral'nom Chernozem'e [Assessment of the efficiency and safety of medicinal plant raw materials of the waybread, collected in the Central Black Earth Region]. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*. 2018; 1: 124–131 (in Russian).
12. D'yakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Kukueva L.L., Myndra A.A., Shushunova T.G. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya obraztsov verkhnikh sloev pochv i korney oduvanchika lekarstvennogo, otobrannykh na territorii Voronezhskoy oblasti [Assessment of the ecological condition of samples of the top layers of soils and roots of the dandelion medicinal, selected in the territory of the Voronezh region]. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*. 2016; 2: 119–126 (in Russian).
13. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Sravnenie osobennostey nakopleniya osnovnykh toksicheskikh elementov tsvetkami lipy serdtsevidnoy i pizhmy obyknovennoy [Comparison of features of accumulation of the basic toxic elements in the flowers of *Tilia Cordata* and *Tanacetum Vulgare*]. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*. 2017; 1: 148–154 (in Russian).
14. D'yakova N.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov i mysh'yaka travoy polyni gor'koy [Accumulation of heavy metals and arsenic by wormwood]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2020; 4: 445–453 (in Russian).
15. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A.I., Chupandina E.I. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia. *Advances in Biological Sciences Research*. 2019; 7: 94–96.
16. Trineeva O.V., Slivkin A.I. Issledovanie mikroelementnogo sostava list'ev krapivy dvudomnoy [Study of trace element composition in great nettle leaves]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*. 2015; 22 (219): 169–174 (in Russian).

17. Slivkin A.I., Trineeva O.V. Issledovaniya elementnogo sostava lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya metodom mass-spektrometrii (na primere list'ev krapivy dvudomnoy i plodov oblepikhi krushinovidnoy) [Studies of the elemental composition of medicinal plants by mass spectrometry (for example, nettle leaves and fruits of sea buckthorn)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2016; 1: 152–156 (in Russian).
18. Kurkin V.A. *Farmakognosiya* [Pharmacognosy]. Samara: Ofort; 2004. 1180 (in Russian).
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State pharmacopoeia in the Russian Federation]. Izdanie XIV. Tom 2. Moscow: FEMB; 2018. 1423 (in Russian).
20. Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Ekootsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha* [Ecological assessment of medicinal plant raw materials of Voronezh]. LAMBERT Academic Publishing; 2013: 211 (in Russian).

Received 1 July 2022; accepted 5 August 2022.

Information about the author

D'yakova Nina Alekseevna, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Chair of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, Department of Pharmacy, Voronezh State University. 394007, Russia, Voronezh, Universitetskaya Sq., 1; e-mail: Ninochka_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>.

For citation

D'yakova N.A. Izuchenie elementnogo sostava polyni gor'koy estestvennogo fitotsenoza voronezhskoy oblasti [Ultimate composition of natural wormwood in Voronezh region]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*. 2022; 3: 156–165. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-3-156-165 (in Russian).