

Светлана Галимулловна Денисова¹, Антонина Анатольевна Реут²✉

^{1,2}Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Республика Башкортостан, Россия

¹svetik-7808@mail.ru

²cvetok.79@mail.ru

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАКОПЛЕНИЯ МЫШЬЯКА, СВИНЦА И КАДМИЯ НАДЗЕМНЫМИ И ПОДЗЕМНЫМИ ОРГАНАМИ ПИОНОВ

Цель исследований – сравнительный анализ коэффициентов накопления мышьяка, свинца и кадмия в надземных (цветок, лист, стебель) и подземных (корень) органах видов и сортов рода *Raeonia* L. в условиях населенного пункта (город Уфа). Изучили семь таксонов пиона, интродуцированных в Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН (*P. Peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch., *P. × hybrida* Аннассионата, Мустай Карим, Jeanned'Arc). Элементный состав растительных образцов исследовали методом атомной спектроскопии. Полученные данные обработали с помощью методов вариационной статистики с использованием программы AgCStat. Выявлено, что содержание химических элементов в растительном сырье изменяется в достаточной степени в зависимости от органа интродуцентов. Расчет коэффициента накопления выявил, что сорта и виды рода *Raeonia* наиболее активно поглощали свинец по сравнению с мышьяком и кадмием. На основе изучения средних значений коэффициентов накопления изучаемых металлов для надземных и подземных органов построены эмпирические ряды: свинец > кадмий > мышьяк – для цветков, листьев и корней; кадмий > свинец > мышьяк – для стеблей. Основным депонирующим органом для свинца и мышьяка у большинства изученных образцов являются листья, для кадмия – стебли. Коэффициент накопления мышьяка у некоторых представителей рода *Raeonia* в среднем равен 0,82; свинца – 1,8; кадмия – 1,2. Таким образом, выявлено, что интродуцированные растения в условиях Башкирского Предуралья безбарьерно поглощают мышьяк; для свинца и кадмия характерен барьерный тип поглощения.

Ключевые слова: *Raeonia*, мышьяк, свинец, кадмий, коэффициент накопления

Для цитирования: Денисова С.Г., Реут А.А. Расчет коэффициентов накопления мышьяка, свинца и кадмия надземными и подземными органами пионов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 51–57. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-51-57.

Благодарности: работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № FMRS-2022-0072.

Svetlana Galimullovna Denisova¹, Antonina Anatolievna Reut²✉

^{1,2}South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

¹svetik-7808@mail.ru

²cvetok.79@mail.ru

CALCULATION OF THE ARSENIC, LEAD AND CADMIUM ACCUMULATION COEFFICIENTS BY ABOVEGROUND AND UNDERGROUND PAEONIA ORGANS

The purpose of research is a comparative analysis of the accumulation coefficients of arsenic, lead and cadmium in the above-ground (flower, leaf, stem) and underground (root) organs of species and varieties of the genus *Paeonia* L. in a settlement (the Ufa City). We studied seven peony taxa introduced into the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ural Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (*P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch., *P. × hybrida* *Appassionata*, *Mustai Karim*, *Jeanned'Arc*). The elemental composition of plant samples was carried out by atomic spectroscopy. The data obtained were processed using the methods of variation statistics and using the AgCStat program. It was revealed that the content of chemical elements in plant raw materials varies sufficiently depending on the organ of the introduced species. The calculation of the accumulation coefficient revealed that varieties and species of the genus *Paeonia* most actively absorbed lead, compared with arsenic and cadmium. leaves and roots; cadmium > lead > arsenic – for stems. The main depositing organ for lead and arsenic in most of the studied samples are leaves, for cadmium – stems. The accumulation coefficient of arsenic in some representatives of the genus *Paeonia* is on average 0.82; lead – 1.8; cadmium – 1.2. Thus, it was revealed that the introduced plants in the conditions of the Bashkir Cis-Urals absorb arsenic without barriers; lead and cadmium are characterized by a barrier type of absorption.

Keywords: *Paeonia*, arsenic, lead, cadmium, accumulation factor

For citation: Denisova S.G., Reut A.A. Calculation of the arsenic, lead and cadmium accumulation coefficients by aboveground and underground *Paeonia* organs // Bulliten KrasSAU. 2023;(4): 51–57. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-51-57.

Acknowledgments: the work has been carried out under the Program of Basic Research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences “Biodiversity of Natural Systems and Plant Resources of Russia: Assessment of the State and Monitoring of Dynamics, Problems of Conservation, Reproduction, Increase and Rational Use” and within the framework of the State Assignment of the SUBGI UFRC RAS on the topic No. FMRS-2022- 0072.

Введение. В условиях городского мегаполиса, в связи с наличием большого количества промышленных предприятий и автотранспортной сети, экологическая составляющая подвержена техногенному загрязнению. Поэтому только растения, в том числе цветочные культуры, используемые в озеленении, могут взять на себя функцию очистки окружающей среды, так как при избытке тяжелых металлов в почве они накапливаются в органах культиваров [1].

Известно, что свинец, кадмий и мышьяк являются токсичными элементами 1-й степени опасности. Поэтому их накопление в окружающей среде может быть опасным и негативно влиять на живые организмы [2].

Согласно литературным источникам, свинец входит в состав фитомассы всех растений. Для большинства видов его концентрация в количестве 5–10 мг/кг считается нормой, а 30–300 мг/кг – уже токсичной дозой [3, 4]. У большинства многолетних свинец аккумулируется в подземных органах, проникая в растения через корневую систему [4, 5]. Свинец является сильным стресс-фактором, который вынуждает растения включать

адаптационные механизмы выживания. Кроме того, он влияет на поглощение воды, подавляет процессы фотосинтеза [6].

Кадмий – это редкий рассеянный металл, обладающий кумулятивными свойствами. Соответственно, он токсичен для всего живого на Земле. Известно, что кадмий проникает в растения через листья и корневые системы. Его избыток в почве приводит к замедлению и задержке роста растений, ухудшению формирования семенной продуктивности, повреждению корней и клубней, хлорозу листьев [7].

Мышьяк также является рассеянным элементом, его кларк в верхней части континентальной земной коры, по данным различных авторов, оценивается в диапазоне от 1,7 до 5,6 г/т [8]. Согласно литературным данным, мышьяк – водный мигрант, и основной путь его поступления в растения проходит через корневую систему [9]. Как и в случае с кадмием, большое скопление мышьяка отрицательно влияет на растения: они медленнее растут и развиваются, у них увядают листья и обесцвечиваются корнеплоды [10].

Для того чтобы узнать величину содержания химического элемента в растениях, необходимо сравнить его с содержанием в источнике, откуда он поступает. Данный параметр называется коэффициентом накопления [11].

Цель исследований – проведение сравнительного анализа коэффициентов накопления мышьяка, свинца и кадмия в надземных (цветок, лист, стебель) и подземных (корень) органах растений рода *Paеonia* L. в условиях урбанизированной территории.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования использовали представителей родового комплекса пион (*Paеonia* L.) (сем. *Paеоniaceae* Rudolphy) (виды – *P. delavayi* Franch. (п. Делавея), *P. lactiflora* Pall. (п. молочнокветковый), *P. lactiflora* f. *rosea* (п. молочнокветковый розовый), *P. peregrina* Mill. (п. иноземный); сорта – *P. lactiflora* Jeanne d'Arc, Аппассионата, Мустай Карим). Данные культивары были интродуцированы на территорию Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН) и успешно акклиматизированы.

Микроэлементный состав сырья объектов исследований (цветки, стебли, листья и корни) изучали в течение 2020–2022 гг. на базе аналитической лаборатории НИИ сельского хозяйства. Сбор сырья проводили в фазу цветения генеративных растений с 10 образцов каждого таксона. Для количественного анализа цветки, стебли, листья и корневища высушивали до воздушно-сухого состояния, затем измельчали

[1]. Отбор почвенных образцов осуществляли по стандартной методике [12].

Исследование элементного состава сырья проводили по методике № М-02-1009-05 атомной спектроскопии [13], почвы – атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией в соответствии с нормативным документом № М-02-1009-08 [14].

Для расчета коэффициента накопления (КН) необходимо количественное содержание элемента в сухой массе растений поделить на количество его подвижных форм в почве. В случае, если полученный коэффициент по показателям больше единицы, то это указывает на наличие барьера при поступлении элемента в растение [15].

Полученные данные обрабатывали математическими методами с помощью вариационной статистики, используя пакет программ AgCStat [16].

Результаты и их обсуждение. Полученные аналитические данные свидетельствуют о значительной изменчивости содержания мышьяка, свинца и кадмия в сырье пионов. Установлено, что изучаемые таксоны в большей степени накапливали свинец. Выявлено, что концентрация Pb превышает содержание в почве, значит можно говорить об активном процессе накопления данного элемента. Максимальную концентрацию свинца отметили в листьях большинства изученных таксонов: от 0,62 мг/кг у сорта Мустай Карим до 1,79 мг/кг у Jeanne d'Arc (табл.). Содержание свинца в других органах растений было в 1,2–2,8 раза ниже. Исключение составили таксоны Мустай Карим и *P. delavayi*, у которых количество свинца было выше в цветках, и вид *P. lactiflora* f. *rosea* с высоким содержанием исследуемого элемента в корнях.

Содержание As, Pb, Cd в разных частях растений рода *Paеonia* L., мг/кг

Таксон	Орган	As	Pb	Cd
1	2	3	4	5
Аппассионата	Цветок	0,593±0,190	0,600±0,150	0,027±0,007
	Лист	0,462±0,148	1,395±0,349	0,017±0,004
	Стебель	0,425±0,136	1,107±0,277	0,030±0,008
	Корень	0,260±0,083	0,505±0,126	0,017±0,004
	Общее	1,74	3,61	0,09
Мустай Карим	Цветок	0,392±0,126	0,807±0,202	0,047±0,012
	Лист	0,567±0,182	0,625±0,156	0,050±0,013
	Стебель	0,422±0,135	0,565±0,141	0,075±0,019
	Корень	0,022±0,007	0,675±0,169	0,012±0,003
	Общее	1,40	2,67	0,18

Окончание табл.

1	2	3	4	5
Jeanne d'Arc	Цветок	0,382±0,122	0,757±0,189	0,023±0,006
	Лист	0,662±0,212	1,787±0,447	0,035±0,009
	Стебель	0,435±0,139	0,807±0,202	0,042±0,011
	Корень	0,482±0,154	0,842±0,211	0,020±0,005
	Общее	1,96	4,19	0,12
<i>P. delavayi</i>	Цветок	0,425±0,136	1,132±0,283	0,040±0,010
	Лист	0,557±0,178	0,776±0,194	0,022±0,006
	Стебель	0,485±0,155	1,130±0,282	0,030±0,008
	Корень	0,467±0,150	0,892±0,223	0,010±0,003
	Общее	1,93	3,93	0,10
<i>P. lactiflora</i>	Цветок	0,465±0,149	0,592±0,148	0,037±0,0010
	Лист	0,920±0,294	0,795±0,199	0,022±0,006
	Стебель	0,432±0,138	0,550±0,137	0,030±0,008
	Корень	0,277±0,089	0,752±0,188	0,027±0,007
	Общее	2,09	2,69	0,12
<i>P. lactiflora f. rosea</i>	Цветок	0,670±0,214	0,652±0,163	0,105±0,027
	Лист	0,830±0,266	0,875±0,219	0,115±0,030
	Стебель	0,690±0,221	0,462±0,116	0,117±0,030
	Корень	0,315±0,101	1,230±0,307	0,050±0,013
	Общее	2,51	3,22	0,39
<i>P. peregrina</i>	Цветок	0,467±0,150	0,757±0,189	0,045±0,012
	Лист	0,610±0,195	1,625±0,406	0,027±0,007
	Стебель	0,545±0,174	0,597±0,149	0,042±0,011
	Корень	0,357±0,114	0,845±0,211	0,030±0,008
	Общее	1,98	3,83	0,14
Почва		0,593±0,190	0,48±0,1248	0,03±0,008

Следующим элементом по объему накопления оказался мышьяк. Отмечено, что максимальное его содержание наблюдали в листьях изучаемых таксонов (0,56–0,92 мг/кг). Концентрация изучаемого элемента в других видах сырья была в 1,2–25,8 раза меньше. Отмечено, что только у сорта Аппассионата наибольшее содержание мышьяка отмечали в цветках (0,59 мг/кг).

Отмечено, что кадмий накапливался в 1,7–34,5 раза меньше, чем свинец и мышьяк. Выявлено, что у четырех таксонов (*P. lactiflora f. rosea*, Jeanne d'Arc, Аппассионата, Мустай Карим) большая концентрация данного элемента отмечена в стеблях (0,03–0,12 мг/кг), у остальных в цветках (0,037–0,045 мг/кг). В других органах содержание кадмия в 1,2–6 раз ниже.

По суммарному содержанию изучаемых элементов в анализируемых частях растений таксоны можно расположить по увеличению их количества в следующие ряды:

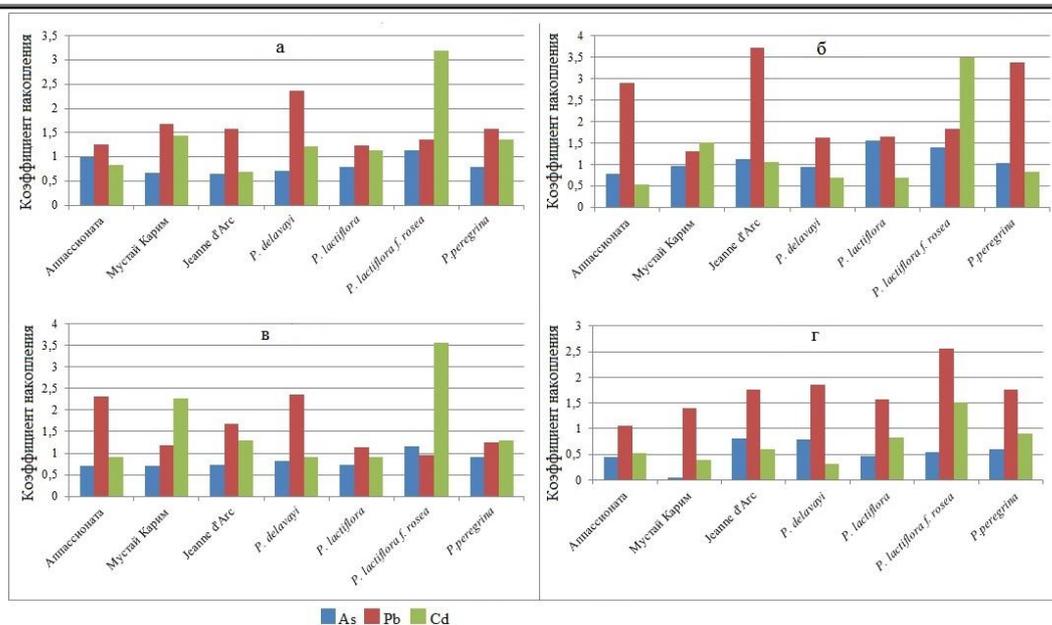
мышьяк: Мустай Карим < Аппассионата < *P. Delavayi* < Jeanne d'Arc < *P. Peregrina* < *P. Lactiflora* < *P. lactiflora f. rosea*;

свинец: Мустай Карим < *P. Lactiflora* < *P. Lactiflora f. Rosea* < Аппассионата < *P. peregrina* < *P. delavayi* < Jeanne d'Arc;

кадмий: Аппассионата < *P. delavayi* < *P. Lactiflora* < Jeanne d'Arc < *P. peregrina* < Мустай Карим < *P. lactiflora f. rosea*.

Анализ полученных коэффициентов накопления (КН) выявил, что представители рода *Peonia* из всех изученных элементов максимально аккумулировали свинец (КН в листьях в среднем составлял 2,3; в стеблях – 1,5) в отличие от мышьяка (КН в листьях – 1,1; в корнях – 0,5) и кадмия (КН в стеблях – 1,6; в корнях – 0,72) (рис.).

На основе изучения средних значений коэффициентов накопления изучаемых металлов для разных частей растений рода *Peonia* были построены эмпирические ряды. Для цветков, листьев и корней эмпирический ряд имеет следующий вид: Pb > Cd > As; для стеблей: Cd > Pb > As. Анализ рядов накопления показал, что в листьях, цветках и корнях интенсивнее накапливается свинец, в стеблях – кадмий.



Коэффициенты накопления As, Pb, Cd разными частями растений рода *Peonia* L.: а – цветок; б – лист; в – стебель, г – корень

Выявлено, что коэффициент накопления свинца в листьях четырех таксонов (*Jeanne d'Arc*, *Аппассионата*, *P. lactiflora*, *P. peregrina*) в 1,2–2,7 раза выше, чем в других органах. У сорта *Мустай Карим* и вида *P. delavayi* данный параметр был выше в 1,2–1,5 раза в цветках, а у *P. lactiflora f. rosea* – в 1,4–2,6 раза в корнях.

Коэффициент накопления мышьяка у большинства таксонов оказался выше в 1,2–25,9 раза в листьях, чем в других органах, исключение составил сорт *Аппассионата*, у которого изучаемый параметр был выше в цветках.

Максимальный коэффициент накопления кадмия отмечался в листьях четырех таксонов (*Jeanne d'Arc*, *Аппассионата*, *Мустай Карим*, *P. Lactiflora f. rosea*) и цветках трех видов (*P. delavayi*, *P. lactiflora*, *P. peregrina*). Он был выше в 1,2–6 раз по сравнению с другими органами.

Заключение. В ходе проведенных исследований было определено содержание мышьяка, свинца и кадмия в разных частях растений рода *Peonia* и показано, что оно изменяется в достаточной степени. Так, содержание кадмия в среднем составляет 0,04 мг/кг; свинца – 0,85; мышьяка – 0,49 мг/кг. Коэффициент накопления мышьяка у некоторых представителей рода *Peonia* из коллекции ЮУБСИ УФИЦ РАН в среднем равен 0,82; свинца – 1,8; кадмия – 1,2. Таким образом, в условиях урбанизированной среды растения безбарьерно поглощают мышьяк, а для свинца и кадмия характерен барьерный тип поглощения.

Список источников

1. Реут А.А., Денисова С.Г. Содержание тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Peonia* L. в условиях урбанизированной среды // Вестник РУДН. Сер. Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16, № 4. С. 337–352. DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-4-337-352.
2. Кенжебаева А.В. Кадмий в растениях прибрежной зоны Восточного Прииссыккуля // Вопросы науки и образования. 2019. № 6 (52). С. 5–13.
3. Кабата-Пендис А., Пендис Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
4. Павлов М.Н. Семенная и клубневая продуктивность сортов топинамбура в зависимости от фона минерального питания и фотопериодизма в условиях ЦРНЗ РФ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2017. 21 с.
5. Абрамова Э.А. Влияние различных концентраций ионов никеля на прорастание семян и формирование проростков вики: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 22 с.
6. Влияние свинца на фотосинтетический аппарат однолетних злаков / Н.М. Казнина [и др.] // Известия Российской академии наук. Сер. биологическая. 2005. № 2. С. 184–188.
7. Алексеенко В.А. Геоботанические исследования. М.: Логос, 2012. 244 с.

8. Макаров В.Н., Чибисов Н.П. Особенности гидрогеохимии золоторудных месторождений в условиях многолетней мерзлоты // Колыма. 1974. № 10. С. 41–43.
9. Перельман А.И., Касимов Н.С. Накопление и распределение мышьяка в дикорастущих растениях Даурской степи в условиях техногенеза // Геохимия ландшафта. М.: МГУ, 1999. С. 548–549.
10. Гамаюрова В.С. Мышьяк в экологии и биологии. М.: Наука, 1993. 208 с.
11. Гладков Е.А., Гладкова О.В. Экобиоготехнологические подходы для повышения коэффициента биологического поглощения растений в фиторемедиации // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2019. Вып. 4. С. 32–40.
12. Галямова Г.К., Зайцев В.Ф., Волкова И.В. Цинк в почвах города Усть-Каменогорска // Юг России: экология, развитие. 2013. № 2. С. 115–120.
13. Реут А.А., Денисова С.Г. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Paeonia* L. // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 45–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-45-55.
14. Методика количественного химического анализа. Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомноабсорбционным методом с электротермической атомизацией. СПб., 2009. 20 с.
15. Афанасьева Л.В., Аюшина Т.А. Накопление и распределение микроэлементов в растениях *Aricostaphylos uva-ursi* // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 123–128.
16. Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г. Надстройка к Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов // Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации. М.: Современные тетради, 2003. С. 559–565.
2. Kenzhebaeva A.V. Kadmij v rasteniyah pribrezhnoj zony Vostochnogo Priissykku'lya // Voprosy nauki i obrazovaniya. 2019. № 6 (52). S. 5–13.
3. Kabata-Pendis A., Pendis H. Mikro`elementy v pochvah i rasteniyah. M.: Mir, 1989. 439 s.
4. Pavlov M.N. Semennaya i klubnevaya produktivnost' sortov topinambura v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya i fotoperiodizma v usloviyah CRNZ RF: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. M., 2017. 21 s.
5. Abramova `E.A. Vliyanie razlichnykh koncentracij ionov nikelya na prorastanie semyan i formirovanie prorostkov viki: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M., 2016. 22 s.
6. Vliyanie svinca na fotosinteticheskij apparat odnoletnih zlakov / N.M. Kaznina [i dr.] // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Ser. biologicheskaya. 2005. № 2. S. 184–188.
7. Alekseenko V.A. Geobotanicheskie issledovaniya. M.: Logos, 2012. 244 s.
8. Makarov V.N., Chibisov N.P. Osobennosti gidrogeohimii zolotorudnyh mestorozhdenij v usloviyah mnogoletnej merzloty // Kolyma. 1974. № 10. S. 41–43.
9. Perel'man A.I., Kasimov N.S. Nakoplenie i raspredelenie mysh'yaka v dikorastuschih rasteniyah Daurskoj stepi v usloviyah tehnogeneza // Geohimiya landshafta. M.: MGU, 1999. S. 548–549.
10. Gamayurova V.S. Mysh'yak v `ekologii i biologii. M.: Nauka, 1993. 208 s.
11. Gladkov E.A., Gladkova O.V. `Ekobiogoteknologicheskie podhody dlya povysheniya ko`efficianta biologicheskogo pogloscheniya rastenij v fitoremediacii // Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle. 2019. Vyp. 4. S. 32–40.
12. Galyamova G.K., Zajcev V.F., Volkova I.V. Cink v pochvah goroda Ust'-Kamenogorska // Yug Rossii: `ekologiya, razvitie. 2013. № 2. S. 115–120.
13. Reut A.A., Denisova S.G. Sravnitel'nyj analiz sodержaniya tyazhelyh metallov v syr'e nekotoryh predstavitelej roda *Paeonia* L. // Agrarnyj vestnik Urala. 2021. № 11 (214). S. 45–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-45-55.

References

1. Reut A.A., Denisova S.G. Soderzhanie tyazhelyh metallov v syr'e nekotoryh predstavitelej roda *Paeonia* L. v usloviyah urbanizirovannoj sredy // Vestnik RUDN. Ser. Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2021. T. 16, № 4. S. 337–352. DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-4-337-352.
14. Metodika kolichestvennogo himicheskogo analiza. Opredelenie As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn i Ni v probah pischevyh produktov i pischevogo syr'ya atomnoabsorbcionnym metodom s `elektrotermicheskoj atomizaciej. SPb., 2009. 20 c.

15. Afanas'eva L.V., Ayushina T.A. Nakoplenie i raspredelenie mikro`elementov v rasteniyah *Ariostaphylos uva-ursi* // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2018. № 3. S. 123–128.
16. Gonchar-Zajkin P.P., Chertov V.G. Nadstrojka k Excel dlya statisticheskoj ocenki i analiza rezul'tatov polevyh i laboratornyh opytov // Racional'noe prirodopol'zovanie i sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo v yuzhnyh regionah Rossijskoj Federacii. M.: Sovremennye tetradi, 2003. S. 559–565.

Статья принята к публикации 07.03.2023 / The article accepted for publication 07.03.2023.

Информация об авторах:

Светлана Галимулловна Денисова¹, старший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, кандидат биологических наук

Антонина Анатольевна Реут², ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Svetlana Galimullovna Denisova¹, Senior Researcher, Laboratory of Introduction and Breeding of Flower Plants, Candidate of Biological Sciences

Antonina Anatolievna Reut², Leading Researcher, Laboratory of Introduction and Breeding of Flower Plants, Candidate of Biological Sciences

