

Н. М. Назарова**Содержание тяжелых металлов в листовых пластинках *Syringa vulgaris* L. в условиях повышенной антропогенной нагрузки (на примере г. Оренбурга)**

К числу основных факторов деградации природной среды, в особенности урбозкосистем, относится ее загрязнение различными загрязняющими веществами, среди которых приоритетное значение имеют тяжелые металлы (ТМ). Ввиду этого становится очевидной актуальность исследований, направленных на изучение способности растений, выступающих в роли биологических фильтров в условиях города, к адсорбции данных поллютантов. В рамках настоящего исследования определены концентрации пяти ТМ (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd) в листовых пластинках *Syringa vulgaris* L. (вида, широко используемого в озеленении г. Оренбурга) с применением метода пламенной атомной абсорбции. Отбор проб листовых пластинок производился в зонах повышенной антропогенной нагрузки — вблизи крупных транспортных артерий города. Для контроля показателей ТМ произведен отбор проб с растений *S. vulgaris*, культивируемых в Ботаническом саду Оренбургского государственного университета. В среднем по каждому району города определяется концентрация металлов выше, чем в точке сбора проб контроля. При комплексной оценке накопления всех пяти ТМ по районам города Оренбурга установлено, что наиболее благоприятным по экологической обстановке является Ленинский район. Наиболее загрязненными являются Промышленный и в особенности Дзержинский районы.

Ключевые слова: *Syringa vulgaris* L., тяжелые металлы, урбосреда, биоиндикация.

Введение

Загрязнение окружающей природной среды веществами-поллютантами, особое место среди которых отводится тяжелым металлам, признается сегодня одной из глобальных экологических проблем. Фитоиндикация урбосреды в настоящее время считается одним из самых важных и перспективных направлений экологического мониторинга, которое позволяет без значительных экономических затрат проводить полноценные наблюдения за уровнем техногенного загрязнения среды. В качестве объектов в данных исследованиях используются растения, являющиеся своего рода биологическими фильтрами, они адсорбируют различные поллютанты из атмосферного воздуха. Растения универсальны для подобных исследований, так как находятся в непрерывном контакте с окружающей средой, что позволяет регистрировать изменения уровня техногенного воздействия в динамике [1; 11].

Ежегодно темпы антропогенеза только увеличиваются. В атмосферу попадает значительное количество загрязняющих веществ, в том числе разного рода тяжелых металлов (ТМ). Поэтому в последнее десятилетие активно публикуются как российские, так и зарубежные исследования, направленные на изучение процесса распространения различного рода поллютантов в городской среде и способности растений, использующихся в конкретной географической области в озеленении, к адсорбции этих веществ из атмосферы [9; 12; 15; 16; 21—23].

В городской среде барьером при распространении тяжелых металлов в атмосферном воздухе становятся древесно-кустарниковые растения, листовые пластинки которых способны к поглощению и осаждению огромного количества примесей. Содержание тяжелых металлов в разных органах растений значительно различается. Поглощение ТМ активно происходит и из почвы корнями растений [10; 18].

Наиболее негативное влияние на качество среды в г. Оренбурге оказывает автомобильный транспорт. С каждым годом объем валовых выбросов от автомобилей суще-

© Назарова Н. М., 2022

ственно увеличивается. Этот факт не может не оказать влияния на растения, которые первыми соприкасаются с вредными веществами, выступая в роли биофильтров [19].

Основные транспортные магистрали города Оренбурга, имеющие статус дорог главного и районного значения, обладают большой протяженностью. Вблизи таких транспортных артерий складывается крайне неблагоприятная экологическая ситуация, так как эти улицы характеризуются интенсивным движением [3; 14; 17]. Автомобили — основной источник загрязнения природной среды Оренбуржья, поскольку область занимает второе место в ПФО по количеству транспортных средств на человека [6].

Основными источниками поступления исследуемых ТМ вблизи крупных автомагистралей г. Оренбурга являются отработавшие газы двигателей автомобилей, продукты износа автомобильных шин и тормозных механизмов [18].

Ряд тяжелых металлов в количествах, определяющих нормальное протекание процессов жизнедеятельности, обязательно присутствует в растительных организмах. Однако при увеличении концентрации этих ТМ в клетках растений они могут наносить вред, вызывая болезни или даже гибель растения [1; 18].

Объектами исследования для оценки степени адсорбции ТМ в городских условиях могут являться любые таксоны растений, активно используемые в озеленении конкретного города. Но не все виды растений обладают хорошей поглотительной способностью. Модельными видами растений могут быть *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Acer platanoides* L., *Syringa vulgaris* L. и др. [2; 8; 10].

Syringa vulgaris L. произрастает на территории Оренбуржья повсеместно и активно используется в озеленении парков, скверов, улиц и придомовых территорий [4].

Целью настоящего исследования является оценка качества окружающей природной среды города Оренбурга по концентрации тяжелых металлов в листовых пластинках *S. vulgaris*, отобранных с растений, произрастающих в условиях высокой антропогенной нагрузки (вблизи проезжей части).

Задачи исследования:

1. В лабораторных условиях, с использованием соответствующего оборудования определить концентрации тяжелых металлов в пробах фитомассы.
2. По концентрации тяжелых металлов в пробах, отобранных на территории г. Оренбурга, определить районы с наиболее благоприятной и/или неблагоприятной экологической обстановкой.

Материалы и методы исследований

Биохимическое исследование листьев на содержание тяжелых металлов проводили в лаборатории Государственного центра агрохимической службы в г. Оренбурге с использованием спектрофотометра ААС-4 способом сухого озоления и определения концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции [5].

Сбор листовых пластинок для лабораторного исследования проводился в сухую погоду по окончании их роста (в августе) на территории четырех административных районов г. Оренбурга в непосредственной близости к автомагистрали: в Центральном районе — пр-т Победы, в Дзержинском районе — ул. Брестская, в Промышленном районе — пр-т Бр. Коростелевых, в Ленинском районе — пр-т Гагарина. Для «условного» контроля отбор проб проводился на территории ботанического сада Оренбургского государственного университета, расположенного на значительном удалении от городских магистралей.

Забор проб фитомассы с растений *S. vulgaris* для лабораторного исследования проводился по методике определения тяжелых металлов [13]. Сбор листьев осуществляли в количестве 5—10 шт. с южной стороны куста — для образцов, произрастающих на территории ботанического сада, и со стороны, обращенной к проезжей части, в четырех

районах города. Вес пробы 250—350 г, т.е. в 3 раза больше, чем необходимо для проведения анализа.

Статистическая обработка результатов исследования сводилась к определению среднего значения концентрации каждого ТМ с указанием стандартной ошибки с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Результаты исследования

На основе изучения проб листовых пластинок *S. vulgaris*, собранных на территории четырех административных районов г. Оренбурга, определен средний показатель по каждому химическому элементу, а также в целом по городу. По концентрации меди в листовых пластинках данный показатель в два раза превышает показатель контроля (рис. 1).

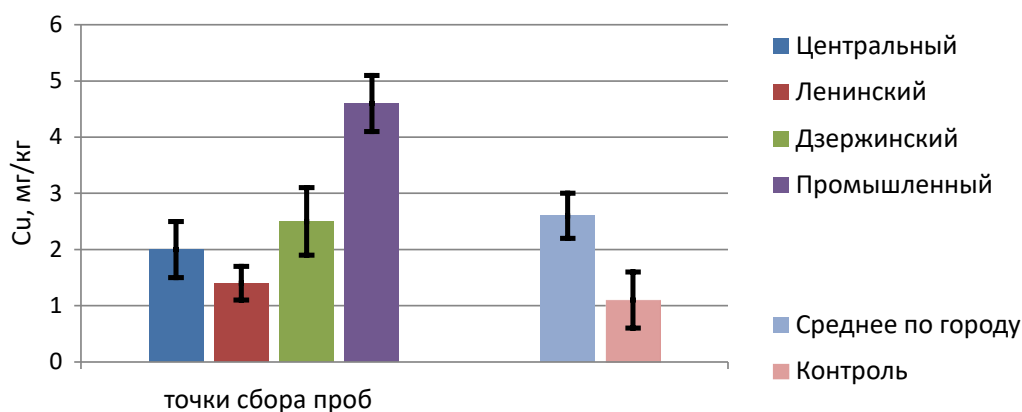


Рис. 1. Концентрация меди в листовых пластинках *S. vulgaris* по г. Оренбургу

Самая высокая концентрация меди обнаружена в листовых пластинках *S. vulgaris*, произрастающей на территории Промышленного района г. Оренбурга, — $4,6 \pm 0,5$ мг/кг фитомассы, что в 4 раза превышает его концентрацию, зарегистрированную в пробах контроля, и в 2 раза среднее значение по городу. Минимальная концентрация данного элемента ($1,4 \pm 0,3$ мг/кг) регистрируется в пробах листьев, собранных на территории Ленинского района г. Оренбурга и незначительно превышает концентрацию, определенную в контрольных образцах. По содержанию меди все районы можно преобразовать в ряд от самого неблагоприятного к наиболее благоприятному по экологическим условиям: Промышленный > Дзержинский > Центральный > Ленинский.

При исследовании проб листьев на содержание цинка установлено, что концентрация данного металла в пробах значительно выше, чем меди (рис. 2).

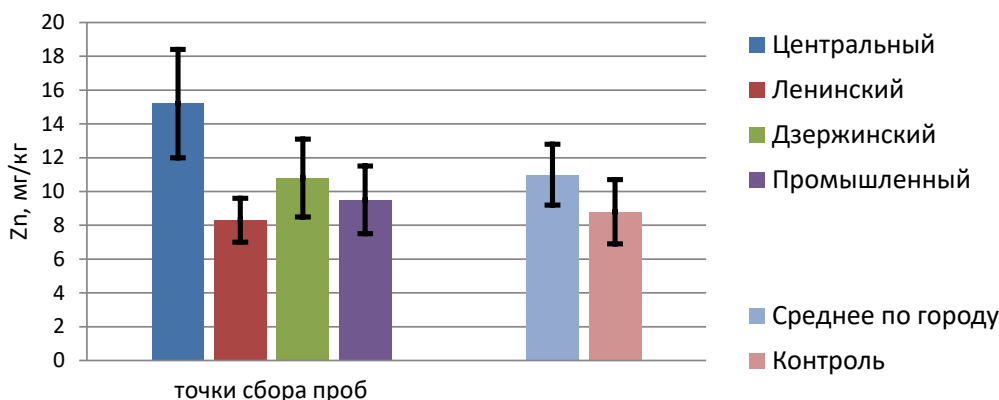


Рис. 2. Концентрация цинка в листовых пластинках *S. vulgaris* по г. Оренбургу

Сохраняется тенденция более низкой концентрации ТМ в точке сбора контрольных проб по сравнению со средним по городу. Однако в пробах листьев, отобранных для лабораторных исследований в Ленинском районе, содержание цинка несколько ниже, чем в контрольных пробах. Наибольшее содержание Zn, превышающее контроль практически в два раза, отмечено в Центральном районе г. Оренбурга ($15,2 \pm 3,2$ мг/кг). В целом высокое содержание цинка регистрируется во всех образцах, в том числе и контрольных. Это дает основание предположить, что адсорбция данного химического элемента растениями сирени происходит не только фолитарным способом, но и за счет активного поступления цинка из почвы через корни к листовым пластинкам.

По степени снижения концентрации данного химического элемента, а следовательно, улучшения экологической стабильности, районы располагаются следующим образом: Центральный > Дзержинский > Промышленный > Ленинский.

Железо — химический элемент, концентрация которого значительно ниже в контрольных образцах по сравнению со всеми пробами, отобранными на территории г. Оренбурга. В пробах Промышленного района концентрация Fe значительно выше, чем в контроле, и составляет $130,0 \pm 30,5$ мг/кг (рис. 3).

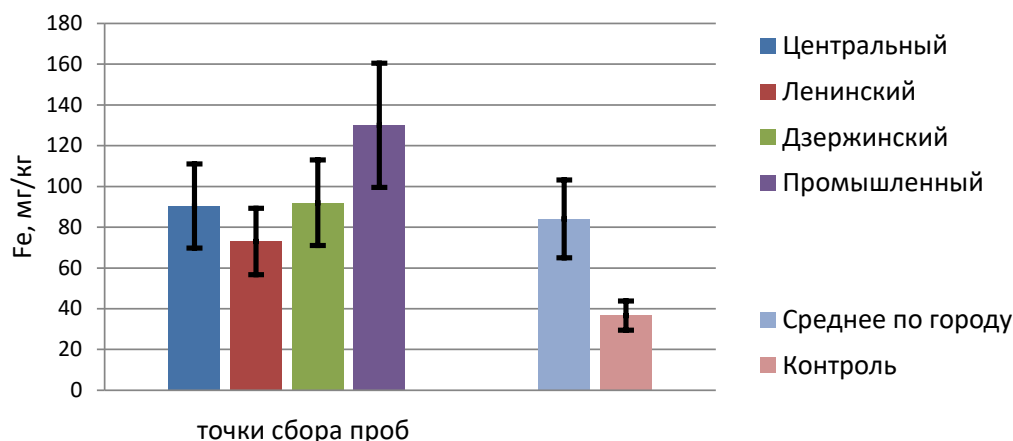


Рис. 3. Концентрация железа в листовых пластинках *S. vulgaris* по г. Оренбургу

По данным авторов, проводивших исследование, подобное нашему, в Санкт-Петербурге [8], установлено, что *S. vulgaris* обладает умеренной способностью к адсорбции железа путем фолитарного поглощения и увеличение концентрации данного элемента в пробах листьев зависит от уровня техногенного загрязнения. Наши данные соответствуют указанному выше исследованию. На аккумуляцию железа фитомассой *S. vulgaris* влияет повышенная транспортная нагрузка в г. Оренбурге, поэтому в пробах контроля, удаленных от крупных транспортных артерий, концентрация Fe намного ниже среднего по городу. По степени снижения концентрации данного химического элемента районы города располагаются следующим образом: Промышленный > Дзержинский > Центральный > Ленинский.

Кадмий и свинец являются истинно токсичными металлами для растительного организма. Концентрация обоих элементов контрольных образцов ниже, чем в пробах по районам города, следовательно, на содержание этих элементов оказывает влияние автотранспортная нагрузка.

Концентрация свинца в три раза выше в Дзержинском районе ($0,13 \pm 0,05$ мг/кг) в отличие от зоны контроля (рис. 4).

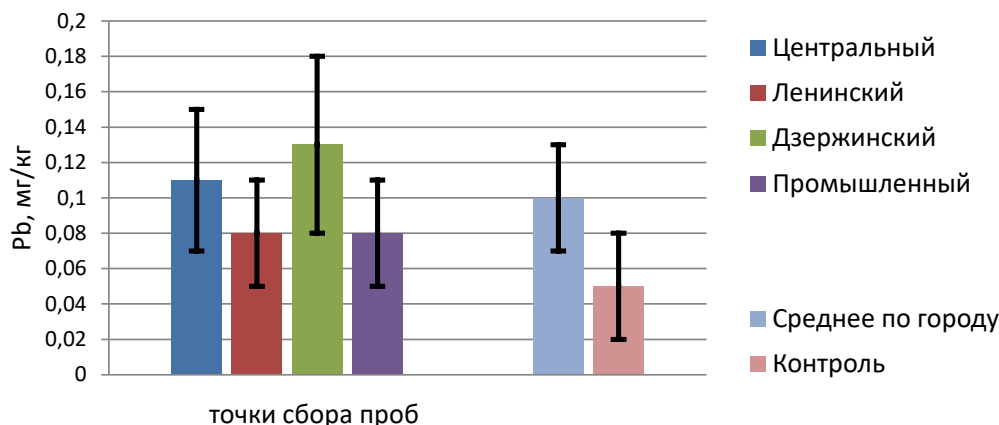


Рис. 4. Концентрация свинца в листовых пластинках *S. vulgaris* по г. Оренбургу

В Ленинском и Промышленном районах определяются одинаковые концентрации ($0,08 \pm 0,03$), в полтора раза превышающие показатели контроля. По степени снижения концентрации данного химического элемента районы города располагаются следующим образом: Дзержинский > Центральный > Промышленный > Ленинский.

Концентрация кадмия в несколько раз выше в пробах, отобранных в Промышленном и Дзержинском районах г. Оренбурга, по сравнению с контролем и составляет $0,026 \pm 0,009$ и $0,028 \pm 0,01$ соответственно (рис. 5).

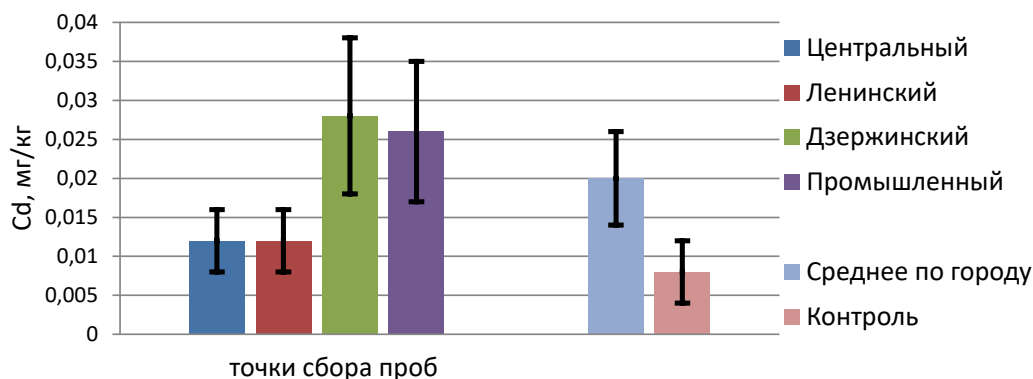


Рис. 5. Концентрация кадмия в листовых пластинках *S. vulgaris* по г. Оренбургу

Содержание кадмия, в два раза превышающее контроль, регистрируется в Центральном и Ленинском районах города. По степени снижения концентрации данного химического элемента районы города располагаются следующим образом: Дзержинский > Промышленный > Центральный > Ленинский.

На основе сравнения полученных нами данных по определению концентрации тяжелых металлов в листовых пластинках *S. vulgaris* в условиях высокой антропогенной нагрузки установлено, что содержание особо токсичных металлов (Cd, Pb) в пробах, отобранных на территории г. Оренбурга, значительно ниже, чем в Саранске [16], концентрации Fe и Zn — практически такие же, как в Калининграде [12]. По данным этого же исследования, на территории г. Калининграда в листовых пластинках *S. vulgaris* не обнаруживается медь, а на территории г. Оренбурга концентрации этого металла изменяются в зависимости от точки сбора проб. Таким образом, по варьированию концентраций ТМ в листовых пластинках *S. vulgaris* можно судить об экологической стабильности конкретной городской среды.

Выводы

1. В ходе лабораторного исследования установлено, что концентрации ТМ в пробах листовых пластинок *S. vulgaris*, отобранных в разных районах города, различаются. Это свидетельствует о разной степени антропогенной нагрузки в точках сбора проб. Повышение концентрации ТМ в каждом конкретном районе снижает аэрацию городских экосистем, тем самым увеличивается фоллиарное поглощение данных химических элементов листовыми пластинками *S. vulgaris*.

2. При комплексной оценке накопления всех пяти ТМ по районам города Оренбурга установлено, что наиболее благоприятным по экологической обстановке является Ленинский район — во всех пробах листьев, отобранных в этом районе, обнаружены самые низкие концентрации ТМ по сравнению с тремя другими административными районами. Наиболее загрязненными являются Промышленный и в особенности Дзержинский районы. В пробах, отобранных на территории последнего, отмечены максимальные концентрации наиболее токсичных для живых организмов тяжелых металлов — свинца и кадмия.

Список использованной литературы

1. Вельц Н. Ю., Турлибекова Д. М. Аккумуляция тяжелых металлов в надземной части высших растений, произрастающих в г. Орске и его окрестностях // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12 (131). С. 378—380.
2. Ветчинникова Л. В., Кузнецова Т. Ю., Титов А. Ф. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях севера // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2013. № 3. С. 68—73.
3. Гарицкая М. Ю. Оценка экологического благополучия территории по состоянию растительных биогеоценозов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2004. 21 с.
4. Герасимова Е. Ю. Общая систематика видов древесных, кустарниковых и лианых растений, их форм и сортов, произрастающих на территории Южно-Уральского региона, на примере Оренбургской области // Вестник Югорского государственного университета. 2015. № 3 (38). С. 39—42.
5. ГОСТ Р 53218-2008. Удобрения органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов. М. : Стандартинформ, 2009. 15 с.
6. Гулак Н. В. Состояние окружающей среды Оренбургской области и правовые средства ее охраны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. Т. 3, № 27-1. С. 255—257.
7. Ибрагимова Э. Э. Фитоиндикация техногенного загрязнения урбанизированных экосистем (в динамике 2010—2020 гг.) // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Сер. Биологические науки. 2021. № 1. С. 4—10.
8. Копытенкова О. И., Гаврилова А. А., Тинус А. М. Анализ содержания железа в листьях кустарников парковых зон мегаполиса // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность-2021) : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 т. Уфа : Уфимский гос. авиац. тех. ун-т, 2021. С. 198—203.
9. Кропова Ю. Г., Ховрин А. Н., Выродов И. В. Влияние транспортно-дорожного комплекса на загрязнение почв и растений тяжелыми металлами // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2021. № 4. С. 36—44.
10. Ларионов М. В. Накопление древесными растениями тяжелых металлов в зависимости от автотранспортной нагрузки // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2014. № 4-1. С. 228—232.
11. Лопатникова В. А., Лопаева Н. Л. Растения — индикаторы состояния окружающей среды // Молодежь и наука. Биотехнологии и пищевая промышленность : сб. статей конф. Екатеринбург : Уральский гос. аграр. ун-т, 2021. С. 145—147.
12. Масленников П. В., Дедков В. П., Куркина М. В., Ващейкин А. С., Журавлев И. О., Бавтрук Н. В. Аккумуляция металлов в растениях урбоэкосистем // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2015. № 7. С. 57—69.
13. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИАНО). М., 1992. 63 с.

14. Паршкова К. А. Оценка влияния автотранспорта на качество воздуха улиц города Оренбурга [Электронный ресурс] // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург : ОГУ, 2017. С. 1303—1309.
15. Полтавский Е. А. Оценка распространения тяжелых металлов по территории парка 50-летия Октября города Москвы // Дальневосточная весна-2021 : материалы 19-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 144—150.
16. Пугаев С. В., Лукаткин А. С. Взаимное влияние почвы и дендрофлоры на накопление тяжелых металлов (на примере Ботанического сада МГУ им. Н. П. Огарева). Лиственные кустарники // Агрохимия. 2015. № 1. С. 82—88.
17. Степанов А. С., Тухтаназарова К. Р., Ивлева Я. С., Маркин Д. А., Дрямова Е. В. Мониторинг и оценка зеленых насаждений придорожных территорий г. Оренбурга // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 181—184.
18. Ходанов Г. А., Вольнов А. С. Предложения по оценке степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3-4. С. 92—99.
19. Цыгура А. А., Старокожева Е. А. Теоретические основы комплексной оценки качества атмосферы улиц промышленного города // Вестник Оренбургского государственного университета. 2001. № 3. С. 71—77.
20. Cui N., Qu L., Wu G. Heavy metal accumulation characteristics and physiological response of *Sabina chinensis* and *Platycladus orientalis* to atmospheric pollution // Journal of Environmental Sciences. 2022. Vol. 112. P. 192—201. DOI: 10.1016/j.jes.2021.05.013.
21. Hall J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance // Journal of Experimental Botany. 2002. Vol. 53. P. 1—11.
22. Koucim M. A., Belguidoum A., Lograda T. A., Ramdani M. Heavy metals accumulation in Nerium oleander leaves across urban areas in Setif region, Algeria // Biodiversitas. Journal of Biological Diversity. 2021. Vol. 22, N 6. P. 3083—3091. DOI: 10.13057/biodiv/d220610.
23. Tomašević M., Rajšić S., Đorđević D., Tasić M., Krstić J., Novaković V. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas // Environmental Chemistry Letters. 2004. Vol. 2, N 3. P. 151—154.

Поступила в редакцию 07.02.2022

Назарова Наталья Михайловна, младший научный сотрудник
Оренбургский государственный университет
Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13
E-mail: nazarova-1989@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7449-0378

UDC 574.2:581.5(470.56)

N. M. Nazarova

The content of heavy metals in leaf plates of *Syringa vulgaris* L. in conditions of increased anthropogenic load (on the example of Orenburg)

Among the main factors of degradation of the natural environment, especially urban ecosystems, is its pollution with various pollutants, among which heavy metals (HMs) are of priority importance. In view of this, the relevance of research aimed at studying the ability of plants acting as biological filters in urban conditions to adsorb these pollutants becomes obvious. Within the framework of this study, the concentrations of five HMs (Cu, Zn, Fe, Pb, Cd) in the leaf blades of *Syringa vulgaris* L. (a species widely used in gardening in Orenburg) were determined using the method of flame atomic absorption. Sampling of leaf blades was carried out in areas of increased anthropogenic load (near major transport arteries of the city). To control HMs indicators, samples were taken from *S. vulgaris* plants cultivated in the Orenburg State University Botanical Garden. On average, for each district of the city, the concentration of metals is determined lower than at the point of collection of control samples. In a comprehensive assessment of the accumulation of all five HMs in the districts of the city, it was found that Leninsky district of Orenburg is the most favorable in terms of environmental conditions. The most polluted are Promyshlenny and especially Dzerzhinsky districts.

Key words: *Syringa vulgaris* L., heavy metals, urban environment, bioindication.

Nazarova Natalia Mikhailovna, Junior researcher
Orenburg State University
Russian Federation, 460018, Orenburg, pr-t Pobedy, 13
E-mail: nazarova-1989@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7449-0378

References

1. Vel'ts N. Yu., Turlibekova D. M. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v nadzemnoi chasti vysshikh rastenii, proizrastayushchikh v g. Orske i ego okrestnostyakh [Accumulation of heavy metals in the aerial parts of higher plants growing in the city of Orsk and its environs]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Vestnik of the Orenburg State University*, 2011, no. 12 (131), pp. 378—380. (In Russian)
2. Vetchinnikova L. V., Kuznetsova T. Yu., Titov A. F. Osobennosti nakopleniya tyazhelykh metallov v list'yakh drevesnykh rastenii na urbanizirovannykh territoriyakh v usloviyakh severa [Patterns of heavy metal accumulation in leaves of trees in urban areas in the North]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk — Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science*, 2013, no. 3, pp. 68—73. (In Russian)
3. Garitskaya M. Yu. *Otsenka ekologicheskogo blagopoluchiya territorii po sostoyaniyu rastitel'nykh biogeotsenozov: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Assessment of the ecological well-being of the territory according to the state of plant biogeocenoses. Abstr. Cand. Dis.]. Orenburg, 2004. 21 p. (In Russian)
4. Gerasimova E. Yu. Obschchaya sistematika vidov drevesnykh, kustarnikovykh i liannykh rastenii, ikh form i sortov, proizrastayushchikh na territorii Yuzhno-Ural'skogo regiona, na primere Orenburgskoi oblasti [The total systematics of species of trees, shrubs and lianas plants, their forms and varieties growing in the South Ural region on an example of the Orenburg area]. *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta — Yugra State University Bulletin*, 2015, no. 3 (38), pp. 39—42. (In Russian)
5. GOSTR 53218-2008. *Udobreniya organicheskie. Atomno-absorbtsionnyi metod opredeleniya sodержaniya tyazhelykh metallov* [State standard R 53218-2008. Organic fertilizers. Atomic absorption method for determining the content of heavy metals]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 15 p. (In Russian)
6. Gulak N. V. Sostoyanie okruzhayushchei sredy Orenburgskoi oblasti i pravovye sredstva ee okhrany [The state of environment in the Orenburg region and legal means of its protection]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta — Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2010, vol. 3, no. 27-1, pp. 255—257. (In Russian)
7. Ibragimova E. E. Fitoindikatsiya tekhnogennogo zagryazneniya urbanizirovannykh ekosistem (v dinamike 2010—2020 gg.) [Phytoindication of technogenic pollution of urbanized ecosystems (in the dynamics of 2010—2020 years)]. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Ser. Biologicheskie nauki*, 2021, no. 1, pp. 4—10. (In Russian)

8. Kopytenkova O. I., Gavrilova A. A., Tinus A. M. Analiz sodержaniya zheleza v list'yakh kustarnikov parkovykh zon megapolisa [Analysis of the iron content in the leaves of shrubs in the park areas of the metropolis]. *Problemy obespecheniya bezopasnosti (Bezopasnost'-2021): materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 2 t.* [Problems of ensuring security (Safety-2021). Proceed. of the III Internat. sci.-pract. conf. In 2 vols]. Ufa, Ufimskii gos. aviats. tekhn. un-t Publ., 2021, pp. 198—203. (In Russian)
9. Kropova Yu. G., Khovrin A. N., Vyrodov I. V. Vliyaniye transportno-dorozhnogo kompleksa na zagryazneniye pochvy i rastenii tyazhelymi metallami [The impact of the transport and road complex on heavy metal pollution of soils and plants]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta — Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2021, no. 4, pp. 36—44. (In Russian)
10. Larionov M. V. Nakopleniye drevesnymi rasteniyami tyazhelykh metallov v zavisimosti ot avtotransportnoi nagruzki [Accumulation of heavy metals in woody plants as dependent on motor transport load]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo — Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*, 2014, no. 4-1, pp. 228—232. (In Russian)
11. Lopatnikova V. A., Lopaeva N. L. Rasteniya — indikatory sostoyaniya okruzhayushchei sredy [Plants as indicators of the state of the environment]. *Molodezh' i nauka. Biotekhnologii i pishchevaya promyshlennost': sb. statei konf.* [Youth and science. Biotechnologies and food industry. Collection of articles of conf.]. Yekaterinburg, Ural'skii gos. agrar. un-t Publ., 2021, pp. 145—147. (In Russian)
12. Maslennikov P. V., Dedkov V. P., Kurkina M. V., Vashcheikin A. S., Zhuravlev I. O., Bavtruk N. V. Akkumulyatsiya metallov v rasteniyakh urboekosistem [Metal accumulation in urban ecosystem plants]. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Ser. Estestvennyye i meditsinskie nauki — IKBFU's Vestnik. Natural and Medical Sciences*, 2015, no. 7, pp. 57—69. (In Russian)
13. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh sel'khozogodii i produktsii rastenievodstva* [Guidelines for the determination of heavy metals in agricultural soils and crop products]. Moscow, 1992. 63 p. (In Russian)
14. Parshkova K. A. Otsenka vliyaniya avtotransporta na kachestvo vozdukha ulits goroda Orenburga [Assessment of the vehicles impact on the air quality of the Orenburg city streets]. *Universitetskii kompleks kak regional'nyi tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury: materialy Vseros. nauch.-metod. konf.* [University complex as a regional center of education, science and culture. Proceed. of the All-Russia sci.-method. conf.]. Orenburg, OGU Publ., 2017, pp. 1303—1309. (In Russian)
15. Poltavskii E. A. Otsenka rasprostraneniya tyazhelykh metallov po territorii parka 50-letiya Oktyabrya goroda Moskvy [Assessment of the distribution of heavy metals in the park of the 50th anniversary of October in Moscow]. *Dal'nevostochnaya vesna-2021: materialy 19-i Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po problemam ekologii i bezopasnosti* [Far Eastern Spring-2021. Proceed. of the 19th Internat. sci.-pract. conf. on environmental and safety issues]. Komsomolsk-on-Amur, 2021, pp. 144—150. (In Russian)
16. Pugaev S. V., Lukatkin A. S. Vzaimnoe vliyaniye pochvy i dendroflory na nakopleniye tyazhelykh metallov (na primere Botanicheskogo sada MGU im. N. P. Ogareva). Listvennyye kustarniki [Mutual influence of soil and dendroflora on the accumulation of heavy metals (with the botanic garden of the Ogarev Mordovian State University as an example). Deciduous shrubs]. *Agrokimiya*, 2015, no. 1, pp. 82—88. (In Russian)
17. Stepanov A. S., Tukhtanazarova K. R., Ivleva Ya. S., Markin D. A., Dryamova E. V. Monitoring i otsenka zelenykh nasazhdenii pridorozhnykh territorii g. Orenburga [Monitoring and evaluation of green plantings of roadside areas in Orenburg]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta — Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2017, no. 4 (60), pp. 181—184. (In Russian)
18. Khodanov G. A., Vol'nov A. S. Predlozheniya po otsenke stepeni zagryazneniya pochvennogo pokrova pridorozhnoi polosy avtomobil'nykh dorog [Proposals for the estimation of the degree of pollution of soil cover of the road of automobile roads]. *Nauchnoye obozrenie. Pedagogicheskie nauki — Scientific Review. Pedagogical Science*, 2019, no. 3-4, pp. 92—99. (In Russian)
19. Tsytura A. A., Starokozheva E. A. Teoreticheskie osnovy kompleksnoi otsenki kachestva atmosfery ulits promyshlennogo goroda [Theoretical foundations of a comprehensive assessment of the quality of the atmosphere of the streets of an industrial city]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Vestnik of the Orenburg State University*, 2001, no. 3, pp. 71—77. (In Russian)
20. Cui N., Qu L., Wu G. Heavy metal accumulation characteristics and physiological response of *Sabina chinensis* and *Platycladus orientalis* to atmospheric pollution. *Journal of Environmental Sciences*, 2022, vol. 112, pp. 192—201. DOI: 10.1016/j.jes.2021.05.013.
21. Hall J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 2002, vol. 53, pp. 1—11.
22. Koucim M. A., Belguidoum A., Lograda T. A., Ramdani M. Heavy metals accumulation in Nerium oleander leaves across urban areas in Setif region, Algeria. *Biodiversitas. Journal of Biological Diversity*, 2021, vol. 22, no. 6, pp. 3083—3091. DOI: 10.13057/biodiv/d220610.
23. Tomašević M., Rajšić S., Đorđević D., Tasić M., Krstić J., Novaković V. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. *Environmental Chemistry Letters*, 2004, vol. 2, no. 3, pp. 151—154.