ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

УДК 504.064

DOI: 10.58168/EnvPr2026_302-309

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ СВИНЦА (II) В ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОБЕГАХ ОДНОЛЕТНИХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ, НА ПРИМЕРЕ Г. ВОРОНЕЖА

DETERMINATION OF LEAD (II) IONS IN THE GENERATIVE SHOOTS OF ANNUAL ORNAMENTAL PLANTS, USING THE EXAMPLE OF G. VORONEZH

Игнатова Ю.В., преподаватель кафедры ЭЗЛиЛО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Прохорова Н.Л, старший преподаватель кафедры ЭЗЛиЛО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Харченко Н.Н., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ignatova Yu.V., Lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Prokhorova N.L, senior Lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Kharchenko N.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. Проведена оценка уровня накопления тяжелых металлов декоративными растениями на объектах озеленения г. Воронежа. Методом аналитического определения в золе растительного материала исследовано содержание свинца (II) у трех видов: петунии гибридной (Petunia × hybrida), бархатцев отклоненных (Tagetes patula) и колеуса Блюма (Plectranthus scutellarioides). Установлено, что на опытных площадках №1 и №2 содержание свинца в золе побегов петунии гибридной составило 0,0476 и 0,0516 г соответственно. Максимальная концентрация соединений свинца (II) зафиксирована в золе побегов колеуса Блюма на площадке №3 и достигла 0,0815 г; в образцах бархатцев отклоненных с той же площадки данный показатель составил 0,0389 г. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии непосредственной угрозы деградации растительных сообществ на текущий момент, однако подчеркивают необходимость организации постоянного мониторинга содержания тяжелых металлов в придорожных почвах для своевременного выявления негативных тенденций.

Abstract. Studies conducted on the territory of the Voronezh landscaping facilities showed a fairly low level: in the sample of Petunia hybrida ash at experimental sites No. 1 and No. 2, the lead (II) content was 0.0476 g and 0.0516, respectively; the maximum value of lead (II) compounds in the ash of marigold shoots was rejected (Tagetes

© Игнатова Ю. В., Прохорова Н. Л., Харченко Н. Н., 2026

patula) from site No. 3 was 0.0389 g, and in the samples of Coleus Blum (Plectranthus scutellarioides), the highest concentration of lead (II) sulfide was recorded in the sample from site No. 3 – 0.0815 g. The presented results indicate that there is currently no danger of degradation of plant communities, but further monitoring of the content of heavy metals in roadside soils is necessary.

Ключевые слова: загрязнения, концентрация**,** растения, фитоиндикаторы, свинец, тяжелые металлы, придорожная почва.

Keywords: pollution, concentration, plants, phyto-indicator, lead, heavy metals roadside soil.

Возросшая за последние пять лет интенсивность автомобильных перевозок и постоянно увеличивающийся парк индивидуального транспорта, в процессе эксплуатации оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду и человека. Эти обстоятельства вызывают необходимость детального изучения ключевых аспектов распространения и накопления поллютантов, а также разработки системы мониторинга и мероприятий по минимизации ущерба [7].

Загрязнение окружающей среды за многолетний период эксплуатации автодорог выхлопными газами, продуктами истирания шин, тормозных колодок и покрытия автодорог приводит к изменению физико-химических свойств и структуры почв придорожной полосы. Особенно опасно накопление в почвах и растениях тяжелых металлов. Причем на сами растения накопление тяжелых металлов влияет в меньшей степени, хотя они подвергаются прямому влиянию, а на организмы животных и человека воздействует косвенно – через пищу при потреблении загрязненных растительных продуктов [1, 10]

Тема изучения влияния свинца на почвы придорожной полосы с экологической точки зрения является актуальной, так как в приоритете стоят вопросы охраны окружающей среды и здоровья человека. Для этого необходима разработка практических рекомендаций по управлению придорожными территориями. Актуальность данной темы подтверждается публикациями результатов исследований различных географических участков: Петрова Е. Е., Райхерт Е. В. (2013, Алтайский край), Кропова Ю.Г., Ховрин А.Н. и др. (2021, Новосибирск), Бодяковская Е. А., Малюк О. А. (2020, Беларусь), Олива Т. В. и др. (2021, Белгород.), Жарикова Е. А., Голодная О. М. (2022, Уссурийск) и т.д.

Анализ литературных источников показывает зависимость накопления тяжелых металлов от расстояния автомагистралей, но мы нельзя не брать во внимание влияние таких абиотических факторов окружающей среды, такие как температура и ветер [9].

Основным источником поступления свинца в почвы придорожных полос являются выхлопные газы автомобилей, использующих этилированный бензин. Хотя с 2003 года в России запрещено использование этилированного бензина (антидетонационная присадка тетраэтилсвинец), но сохраняется остаточное загрязнение. В результате вдоль автомагистралей

формируются техногенные аномалии с повышенным содержанием этого металла в почве, что представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

Свинец – высокотоксичный тяжёлый металл, относящийся к веществам первого класса опасности. Обладая кумулятивным и политропным действием, может вызывать серьёзные нарушения здоровья. Он оседает на почву в виде аэрозолей и твёрдых частиц, а также в виде водо- растворимых соединений. Около 20% свинца разносится с газами, 80% выпадает на землю. Он может перемещаться по трофическим цепям, представляя угрозу экосистемам и здоровью человека. Его избыток приводит к деградации почв, снижению биоразнообразия и нарушению функционирования экосистем. Накапливаясь в почве, растениях и живых организмах, он способен длительно сохраняться в окружающей среде. В связи с этим важно проводить регулярный мониторинг содержания свинца в придорожных почвах, а также разрабатывать меры по снижению его поступления в окружающую среду.

Общеизвестно, что растения способны поглощать свинец из почвы и воздуха, целью данной работы являлось определения наличия ионов свинца в генеративных побегах однолетних декоративных растений на выделенных площадках, прилегающих к проезжей части с разной интенсивностью движения в городе Воронеже. Полученные результаты дадут возможность оценить, на сколько и как изменилась ситуация с загрязнением дорог и прилегающих территорий, после отмены этилированного бензина. В связи с вышесказанным целью исследований было определение ионов свинца (II) в генеративных побегах однолетних декоративных растений. Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить содержание свинца в опытных образцах;

- сравнить массу сульфида свинца, выделенного из золы растений;

- выявить концентрацию ионов свинца (II) в генеративных побегах однолетних декоративных растений.

Объекты и методы исследований. Для выполнения поставленной цели были заложены три пробные площади: № 1 (клумба у мемориала «Памятник Славы»), № 2 (клумба у площади «Застава»), № 3 (клумба у монумента «Слава советской науке»). На данных участках отобран растительный материал. Для поведения сравнительного анализа в качестве эталона выделена контрольная площадка в с. Семилуки Воронежской области, без воздействия автотранспортных средств. Образцы собирали в конце сентября, 2025 года, в дневное время суток.

Растениями-фитоиндикаторами выбраны Петуния гибридная (Petunia × hybrida), Бархатцы отклоненные (Tagetes patula), Колеус Блюме (Plectranthus scutellarioides), произрастающие на клумбах опытных площадок. Для определения присутствия соединений

свинца (II) в растительном материале использовали метод качественных реакций - метод осаждения ионов свинца (II) сульфид-ионами, который основан на реакции образования малорастворимого сульфида свинца (II) PbS. Для освобождения металла из комплексов с белками и другими соединениями проведено разрушение биологического материала методом сухого озоления. Химическая основа данного метода заключается в следующем: в водном растворе ионы свинца (II) Pb^{2+} реагируют с сульфид-ионами S^{2-} с образованием чёрного осадка сульфида свинца (II):

$$Pb^{2+} + S^{2-} \rightarrow PbS\downarrow$$

Данная реакция является высокоселективной и эффективной благодаря очень низкой растворимости в воде сульфид свинца (II). Этот достаточно трудоемкий и длительный метод исследования использовался с целью дальнейшего количественного определения содержащихся ионов свинца.

Результаты. Обследование пробных площадей, с последующим вычислением массы полученного осадка в каждом варианте позволило получить следующие результаты (табл. 1, 2, 3, 4).

Таблица 1 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на площадке №1 (у мемориала «Памятник Славы»)

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1 после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5104	1,0167	0,5063	0,5105	0,9692	0,4587	0,0476
Бархатцы отклоненные	0,5116	0,9799	0,4683	0,5100	0,9581	0,4481	0,0202
Колеус Блюме	0,5108	0,9106	0,3998	0,5113	0,8212	0,3099	0,0899

Таблица 2 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на площадке №2 (площадь Застава)

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1 после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5099	0,8197	0,3098	0,5115	0,7739	0,2624	0,0474
Бархатцы отклоненные	0,5107	0,9012	0,3905	0,5106	0,8753	0,3647	0,0258
Колеус Блюме	0,5114	0,9581	0,4467	0,5103	0,8736	0,3633	0,0834

Таблица 3 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на площадке №3 (у монумента «Слава советской науке»)

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5105	0,8196	0,3091	0,5121	0,7702	0,2581	0,0516
Бархатцы отклоненные	0,5109	1,0103	0,4994	0,5107	0,9712	0,4605	0,0389
Колеус Блюме	0,5112	0,9452	0,4340	0,5118	0,8643	0,3525	0,0815

Таблица 4 – Масса сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, собранных на контрольной площадке

Название растения	Масса фильтра 1, г	Масса фильтра 1 после фильтрования, г	Масса веществ на фильтре 1, г	Масса фильтра 2, г	Масса фильтра 2 с растворимыми веществами фильтрата, г	Масса растворимых веществ в фильтрате, г	Масса сульфида свинца, г
Петуния гибридная	0,5114	0,9052	0,3938	0,5110	0,9062	0,3952	0,0014
Бархатцы отклоненные	0,5112	0,9401	0,4289	0,5109	0,9392	0,4283	0,0006
Колеус Блюме	0,5118	0,8606	0,3488	0,5117	0,8627	0,3500	0,0020

Таблица 5 – Среднее значение массы осадка сульфида свинца (II), полученного из фильтратов золы растений, (мг)

№ площадки	Масса сульфида свинца, полученная из растительного материала, (мг)		
	петуния гибридная	бархатцы прямостоячие	колеус Блюме
Площадка № 1 (у мемориала «Памятник Славы»)	0,0476	0,0202	0,0899
Площадка № 2 (у площади «Застава»)	0,0474	0,0258	0,0834
Площадка № 3 (клумба у монумента «Слава советской науке»)	0,0516	0,0389	0,0815
Контрольная площадка	0,0014	0,0006	0,0020
Среднее значение	0,0369	0,0214	0,0642

Анализ таблиц показал следующее:

1. Все исследованные образцы петунии гибридной (Petunia × hybrida), отобранные с опытных площадок, содержат соединения свинца. Наибольшее количество сульфида свинца (II) выявлено в образце с площадки № 3 (Площадь Науки на пересечении улиц Феоктистова, Мира и Фридриха Энгельса). Для образцов с площадок №1 (автомобильное кольцо у памятника «Славы», на пересечении улиц Хользунова и Московский проспект) и № 2 у площади Заставы зафиксированы значения 0,0476 г и 0,0516 г соответственно. При этом содержание свинца (II) в растениях с контрольной площадки существенно ниже, чем в образцах с городских площадок.

2. По результатам анализа золы генеративных побегов бархатцев отклонённых (Tagetes patula), соединения свинца (II) обнаружены во всех опытных образцах растений, собранных на городских площадках. Максимальное содержание сульфида свинца (II) выявлено в образце с площадки №3 – 0,0389 г.

3. Все образцы колеуса Блюма (Plectranthus scutellarioides) с опытных площадок содержат соединения свинца (II). Наибольшая концентрация с ульфида свинца (II) зафиксирована в образце с площадки №3 у площади Заставы – 0,0815 г.

В образцах с контрольной площадки содержание свинца (II) незначительно.

Выводы

1. Результаты исследования показали, что опытные образцы, отобранные с различных площадок г. Воронеж, содержат соединения свинца (II).

2. Декоративные однолетники способны поглощать свинец из окружающей среды. Этот факт подтверждается сравнением массы сульфида свинца, выделенного из золы растений: повышенное содержание этого соединения наблюдается в образцах, произраставших вблизи оживленных автомагистралей.

3. У всех исследованных растений, отобранных с площадки №3 (Площадь Науки на пересечении улиц Феоктистова, Мира и Фридриха Энгельса), выявлена увеличенная концентрация сульфида свинца. Это явление объясняется совокупным действием следующих факторов: высокая интенсивность автомобильного движения, длительная аккумуляция загрязняющих веществ в почве и близость расположения железнодорожного вокзала.

Список литературы

1. Бодяковская Е. А. Загрязнение почвы придорожной полосы транспортной магистрали / Е.А. Бодяковская, О. А. Малюк // Весник Мазырскага дзяржаўнага педагагичнага ўниверситэта имя И.П. Шамякина. – 2020. – №. 1 (55). – С. 3-8.

2. Кропова Ю.Г. Влияние транспортно-дорожного комплекса на загрязнение почв и растений тяжелыми металлами / Ю.Г. Кропова, А.Н. Ховрин, И.В. Выродов // Вестник университета биотехнологий. – 2021. – 4. – 36-44.

3. Жарикова Е.А. Экологическое состояние почв придорожной полосы автомагистрали Уссурийск-Пограничный на приграничной территории / Е.А. Жарикова, О.М. Голодная, А.Д. Попова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2022. – №. 4-2 (216-2). – С. 21-27.

4. Содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомобильных трасс / Леонидова Т.В., Сидоренкова Н.К., Блохина Н.А., Харитонов И.Д. [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №. 1. – С. 146-149.

5. Аккумуляция тяжелых металлов древесными породами и сельскохозяйственными культурами в условиях примагистральной экосистемы / Т.В. Олива, Е.Ю. Колесниченко, С.И. Панин, Л.А. Манохина // EARTH. – 2021. – Т. 25. – С. 00.

6. Петрова Е.Е. Влияние автотранспорта на накопление цинка и свинца в почвах и их биологическое поглощение пшеницей мягкой (TRITICUM AESTIVUM) в придорожных агроценозах (в условиях Алейского района Алтайского края) / Е.Е. Петрова, Е.В. Райхерт // Известия Алтайского гос. университета. – 2013. – Т. 2. – №. 3 (79). – С. 42-46.

7. Прохорова, Н. Л. Динамика накопления тяжелых металлов в почвах особоохраняемых природных территорий, расположенных вблизи автотранспортных магистралей (на примере территории заказника "Семилукский") / Н.Л. Прохорова, Н.Н. Харченко // Фундаментальные и прикладные науки сегодня : Материалы XXVIII межд. научно-практич. конференции, Bengaluru, 18–19 апреля 2022 года. – Bengaluru: Pothi.com, 2022. – С. 44-48. – EDN RQVYVK

8. Серебряков О.В. Климатические изменения и их воздействия на лесные массивы Воронежской области / О.В. Серебряков // Повышение эффективности лесного комплекса : Материалы Десятой Всероссийской национальной научно-практической конференции, Петрозаводск, 28 апреля 2025 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2025. – С. 144-146. – EDN ZXJVKT.

9. Серебряков О.В. Влияние климатических факторов на накопление тяжелых металлов в почвах лесной региональной системы Воронежской области / О.В. Серебряков, Н.Л. Прохорова // Материалы Всероссийской молодежной конференции, посвященной международному Дню земли – 2025. – Воронеж: 2025. – С. 144-151. – DOI 10.58168/EarthDay2025.

10. Шилкова О.С. Загрязнение придорожной полосы тяжелыми металлами / О.С. Шилкова, А.В. Джанянц, В.И. Сарбаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 2. – С. 126–129.

References

1. Bodyakovskaya E. A. Pollution of the soil of the roadside strip of the transport highway / E. A. Bodyakovskaya, O. A. Malyuk // Bulletin of the Mazyrskaga dozharzhaўnaga pedagagichnaga ўuniversiteta named after I. P. Shamyakina. - 2020. - No. 1 (55). - P. 3-8.

2. Kropova Yu. G. Influence of the transport and road complex on the pollution of soils and plants with heavy metals / Yu. G. Kropova, A. N. Khovrin, I. V. Vyrodov // Bulletin of the University of Biotechnology. - 2021. - 4. - 36-44.

3. Zharikova E. A. Ecological state of soils of the roadside strip of the Ussuriysk-Pogranichny highway in the border area / E. A. Zharikova, O.M. Golodnaya, A.D. Popova // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural sciences. - 2022. - No. 4-2 (216-2). - P. 21-27.

4. The content of heavy metals in the roadside zone of highways / Leonidova T.V., Sidorenkova N.K., Blokhina N.A., Kharitonov I.D. [et al.] // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2019. - No. 1. - P. 146-149.

5. Accumulation of heavy metals by tree species and agricultural crops in the conditions of a highway ecosystem / T.V. Oliva, E.Yu. Kolesnichenko, S.I. Panin, L.A. Manokhina // EARTH. – 2021. – Vol. 25. – P. 00.

6. Petrova E.E. The influence of motor transport on the accumulation of zinc and lead in soils and their biological absorption by soft wheat (TRITICUM AESTIVUM) in roadside agrocenoses (under the conditions of the Aleysky district of Altai Krai) / E.E. Petrova, E.V. Raikhert // Bulletin of the Altai State University. – 2013. – Vol. 2. – No. 3 (79). – P. 42-46.

7. Prokhorova, N. L. Dynamics of heavy metal accumulation in soils of specially protected natural areas located near highways (on the example of the territory of the Semiluksky nature reserve) / N.L. Prokhorova, N.N. Kharchenko // Fundamental and applied sciences today: Proceedings of the XXVIII int. scientific and practical. conference, Bengaluru, April 18-19, 2022. – Bengaluru: Pothi.com, 2022. – Pp. 44-48. – EDN RQVYVK

8. Serebryakov, O.V. Climate change and its impact on forest areas of the Voronezh region / O.V. Serebryakov // Improving the efficiency of the forest complex: Proceedings of the Tenth All-Russian National Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, April 28, 2025. – Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2025. – Pp. 144-146. – EDN ZXJVKT.

9. Serebryakov, O.V. The influence of climatic factors on the accumulation of heavy metals in soils of the forest regional system of the Voronezh region / O.V. Serebryakov, N.L. Prokhorova // Proceedings of the All-Russian Youth Conference dedicated to the International Earth Day – 2025. – Voronezh: 2025. – Pp. 144-151. – DOI 10.58168/EarthDay2025.

10. Shilkova O.S. Roadside Pollution with Heavy Metals / O.S. Shilkova, A.V. Dzhanyants, V.I. Sarbaev // Mining Information and Analytical Bulletin. – 2000. – No. 2. – Pp. 126–129.