



УДК 57.013

DOI: 10.25688/2076-9091.2022.47.3.1

Аркадий Николаевич Ховрин¹,
Иван Владимирович Выродов²

^{1,2} Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

¹ hovrin.a@mgpu.ru

² vyrodoviv@mgpu.ru

Накопление тяжелых металлов почвой и жимолостью лесной при разной антропогенной нагрузке

Аннотация. В работе приведены сведения по накоплению тяжелых металлов (ТМ) корневой и побеговой системами жимолости лесной *Lonicera losteum L.*, растущей вдоль Щелковского шоссе (п. Щитниково) и на лесном участке Горенского лесопарка. Коэффициенты накопления микроэлементов в надземной и подземной фитомассе жимолости лесной вблизи шоссе располагаются в следующем порядке: **свинец и кадмий:** стебель < цветок < лист < корень; **цинк:** лист < цветок < стебель < корень; **железо:** корень < < цветок < лист < стебель; **медь:** цветок < лист < стебель < корень. Максимальное количество свинца и кадмия накапливается в стеблях; цинка — в листьях; железа — в корнях; меди — в цветках. В лесном биоценозе тяжелые металлы сформировали следующий ряд: **свинец и кадмий:** цветок < лист < корень < стебель; **цинк:** корень < стебель < < цветок < лист; **железо и медь:** корень < цветок < лист < стебель.

Отмечены факторы, способствующие загрязнению почв и растений в пределах городской среды и лесопарка: автотранспорт, железнодорожный транспорт, строительство, сброс отходов.

Ключевые слова: атомно-абсорбционная спектрометрия, тяжелые металлы, почва, растения, аккумуляция

UDC 57.013

DOI: 10.25688/2076-9091.2022.47.3.1

Arkady Nikolaevich Khovrin¹,
Ivan Vladimirovich Vyrodov²

^{1,2} Moscow City University, Moscow, Russia¹ hovrin.a@mgpu.ru² vyrodoviv@mgpu.ru

Accumulation of heavy metals by soil and forest honeysuckle under different anthropogenic loads

Abstract. The paper provides information on the accumulation of heavy metals (TM) by the root and shoot systems of forest honeysuckle *Lonicera losteum* L., growing along the Shchelkovsky highway (Shchitnikovo village) and the forest area of the Gorensky Forest Park. The coefficients of accumulation of trace elements in the aboveground and underground phytomass of forest honeysuckle near the highway are arranged in the following order: **lead** and **cadmium**: stem < flower < leaf < root; **zinc**: leaf < flower < stem < root; **iron**: root < flower < leaf < stem; **copper**: flower < leaf < stem < root. The maximum amount of lead and cadmium accumulates in the stems; zinc in the leaves; iron in the roots; copper in the flowers. In the forest biocenosis, heavy metals formed the following series: **lead** and **cadmium**: flower < leaf < root < stem; **zinc**: root < stem < flower < leaf; **iron** and **copper**: root < flower < leaf < stem.

The factors contributing to the pollution of soils and plants within the urban environment and forest park are noted: motor transport, rail transport, construction, waste disposal.

Keywords: atomic absorption spectrometry, heavy metals, soil, plants, accumulation

Введение

Среди основных загрязнителей почв городов — тяжелые металлы, которые могут негативно влиять на растения [1].

Свинец, ртуть, кадмий и мышьяк считаются основными загрязнителями главным образом потому, что их техногенное накопление в окружающей среде идет особенно высокими темпами. Специальная информация о миграции, накоплении и распределении токсичных элементов по трофической цепи дает оценку их количества в пищевом сырье растительного и животного происхождения, а также нормирует поступление их в пищевые цепи с целью предупреждения загрязнения организма животных, что определяет научную практическую ценность данной работы [3].

Антропогенное вмешательство в природные циклы тяжелых металлов имеет два основных следствия. Во-первых, эти элементы являются ценным и редким сырьем для высокотехнологических отраслей промышленности. Во-вторых, эти металлы при избыточном попадании в объекты окружающей среды ведут себя как токсиканты и экотоксиканты. Загрязнение тяжелыми металлами

объектов биосферы является причиной накопления их в пищевом сырье растительного и животного происхождения и, как следствие, в организме людей [4].

Цель исследования: изучение влияния автомобильного и железнодорожного транспорта на аккумуляцию тяжелых металлов почвой и растением *Lonicera losteum* L.

Объекты исследования: почва и произрастающее на ней растение «жимолость лесная», находящиеся вдоль автомагистрали Щелковского шоссе и лесной зоны Горенского лесопарка, параллельно железнодорожным путям на участке от станции Стройка до платформы Горенки.

Предмет исследования: содержание тяжелых металлов в трофической цепи «почва → растения».

Материал и методика исследований

Почвы и растения отбирались в сухую безветренную погоду, в утренние часы с 08:00 до 09:00 в первой декаде мая на двух участках в пяти м от автомагистрали Щелковского шоссе в поселке Восточный и в пяти м от железнодорожных путей в лесном биоценозе Горенского лесопарка. Растения разделяли на вегетативные органы — корни, стебли и листья, и генеративные — цветки. Отбор почв производили методом конверта из зоны расположения корневой системы на глубине 0–20 см, в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01; тип почвы — подзолистая, кислая.

Органы растения и почвы в день сбора доставлялись в испытательную лабораторию Московского центра агрохимической службы (ГЦАС «Московский»). Предварительно они проходили пробоподготовку. Из почвы удаляли посторонние частицы, органы растений перед высушиванием в течение суток при 100 С° промывали в деионизированной воде с помощью магнитной мешалки и подвергали мокрой минерализации по ГОСТ 26929-94 смесью азотной кислоты и дистиллированной воды в муфельной печи при заданной температуре и давлении. Содержание в готовых пробах элементов Pb, Cd, Zn, Cu, Fe в мг/кг определяли атомно-абсорбционным методом в соответствии с ГОСТ 30178-96 «Сырье и пищевые продукты. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» с помощью спектрофотометра AA-7000, Shimadzu.

На участке вдоль автодороги (Щелковское шоссе) встречались следующие виды растений: *Tussilago farfara* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop.; *Crepis tectorium* L.; *Hypericum perforatum* L.; *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth; *Convolvulus arvensis* L.; *Campanula patula* L.; *Dactylis glomerata* L.; *Cichorium intybus* L.; *Geranium pratense* L.; *Silene alba* (Mill.); *Melilotus albus* Med.; *Sambucus nigra* L.; *Plantago major* L. subsp. *major* Pilger; *Thlaspi arvense* L.; *Trifolium repens* L.; *Matricaria maritima* subsp. *inodora* (L.) Dostal.; *Lathyrus pratensis* L.; *Dianthus deltoides* L.; *Linaria vulgaris* Mill.; *Festuca pratensis* Huds.; *Lolium perenne* L.; *Medicago falcata* L.; *Potentilla anserina* L.; *Pastinaca sativa* L.; *Ranunculus flammula* L.;

Raphanus Raphanistrum L. *Tanacetum vulgare* L.; *Taraxacum officinale* Web. subsp. *fontanum* Sch. et Thell.

На контрольном участке (в Горенском лесопарке) произрастали: *Angelicasylvestris* L., *Fragariavesca* L.; *Geum rivale* L.; *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott; *Lathyrus vernus* (L.) Bernh.; *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm; *Calla palustris* L.; *Convallaria majalis* L.; *Oxalis acetosella* L.; *Padus avium* Mill.; *Vicia sylvatica* L.; *Viburnum opulus* L.; *Chelidonium majus* L.; *Trollies latissimus* Crantz.; *Impatiens parviflora* DC.; *Picea abies* (L.) Karsten.

Результаты исследований

Исходя из полученных данных нельзя однозначно говорить о степени загрязненности района, можно лишь предположить о локальном (фоновом) загрязнении. Рассмотрим распределение элементов в почвах и жимолости лесной. Содержание элементов в условиях природных экосистем представлено в таблице 1. Для количественной оценки способности накапливать химические элементы биологическими объектами использовали показатель — коэффициент биологического накопления (КБН) — отношение содержания элемента в теле растений к его содержанию в субстрате [2]. Среди исследованных образцов растений выделены с КБН для Cd и Zn превышающие 1, являющиеся биоаккумуляторами.

$$\text{КБН} = \frac{\text{содержание микроэлемента в сухой биомассе, мг/кг}}{\text{содержание микроэлемента в почве, мг/кг}}$$

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почвах, вегетативных и генеративных органах жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.)

	Тяжелые металлы				
	Расстояние от автомагистрали (5 м)				
	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe
Почва	24,1	0,71	139,2	20,5	777
Корень	7,5	0,2	5,0	3,5	573
Лист	9,2	0,53	33,5	7,2	444
Стебель	13,0	0,66	29,1	6,9	265
Цветок	10,1	0,56	33,4	7,4	513
	Расстояние от автомагистрали (5 км)				
Почва	17,2	0,30	49,3	58,3	8924
Корень	6,5	0,65	98,8	9,8	949
Лист	9,1	0,43	37,3	5,5	252
Стебель	4,8	0,27	77,6	3,4	448
Цветок	9,0	0,34	42,5	9,3	532

Для свинца у автодороги КБН составлял следующий ряд: стебель → цветок → лист → корень (0,53; 0,41; 0,38; 0,31). По кадмию наблюдалась сходная динамика: стебель → цветок → лист → корень (0,92; 0,78; 0,74; 0,28); у меди КБН был наибольший для цветка и наименьший для корня: цветок → лист → стебель → корень (0,36; 0,35; 0,33; 0,17). Максимальное накопление цинка идет в листьях, минимальное — в корне: (0,24; 0,23; 0,20; 0,03), лист → цветок → стебель → корень. КБН железа минимален в листе и стебле (0,57; 0,34), но увеличивается в корне и цветке (0,73; 0,66).

В второй точке сбора (Горенский лесопарк), жимолость лесная встречается вдоль ж/д Балашиха – Москва. Были получены следующие показатели. Сходное количество свинца отмечено в цветках и листьях, но в корнях и стебле показатель снижается: цветок → лист → корень → стебель (0,52; 0,52; 0,37; 0,27).

Доли кадмия максимальные в корнях и минимальные в стебле: корень → лист → цветок → стебель (2,16; 1,43; 1,13; 0,9). Показатели по цинку высокие в корнях и стеблях, низкие — в цветках и листьях: (2,00; 1,57; 0,86; 0,75) корень → стебель → цветок → лист. КБН для меди составляет следующий ряд: корень → цветок → лист → стебель, (0,16; 0,15; 0,09; 0,05). Показатели по железу: корень → цветок → стебель → лист (0,10; 0,05; 0,05; 0,02).

Относительно высокое содержание свинца и кадмия в почвах и растениях, произрастающих вблизи автомобильной дороги, связано с интенсивным движением автотранспорта и оседающей пылью, что можно видеть из таблицы 1.

Естественные уровни содержания свинца в растениях жимолости лесной в Горенском лесопарке составляют 0,27–0,52 мг/кг сухой массы при средней концентрации 0,42 мг/кг; средние концентрации кадмия в сухой массе растения — 1,4 мг/кг.

Содержание свинца в жимолости лесной, собранной в почвах у автодороги превышает таковое в лесной зоне в 6,9 раз; кадмия — в 0,41 раз, цинка — в 89,9 раз; меди — в 37,8 раз; железа — в 8147. Концентрации тяжелых металлов свинца и кадмия в растениях у автодороги имеют более высокие показатели в сравнении с лесным фитоценозом.

Изучаемое растение — жимолость лесная — отличается способностью контролировать поступление элементов из окружающей среды в вегетативные и генеративные органы и может использоваться для разработки технологий фиторемедиации и очистки почв техногенных зон от высокотоксичных элементов [5].

Одновременно с изучением накопления тяжелых металлов в растении и почвах контролировали общую загруженность автомобильного и железнодорожного транспорта района исследования. В утренние часы с 07:00 до 08:00 общее количество автомобилей составляло 3000 в час, с 18:00 до 19:00 — 2800. На участке железной дороги количество электропоездов из Балашихи в Москву — 23 в сутки, из Москвы в Балашиху — 25.

Выводы

1. Почвы и корни растений, произрастающих вблизи автомобильной дороги, по содержанию тяжелых металлов превосходили таковые, находящиеся на удалении 5 км (контрольный участок).

2. Наблюдалось снижение количества свинца и кадмия от почв к вегетативным и генеративным органам.

3. Содержание металлического железа в почвах вблизи железной дороги выше, чем у шоссе в 10 раз.

4. Количество меди в почвах рядом с железной дорогой также превосходит ее содержание вблизи автомагистрали.

5. Содержание цинка в почвах вблизи автодороги в 3 раза превышает показатели в лесной зоне, в корнях этого элемента на первом участке в 10 раз больше, чем на контрольном. В листе доля цинка одинакова на обоих участках.

Аккумуляция в растениях токсичных элементов может привести к поступлению их в организм человека с пищей, поэтому данные исследования актуальны в плане экологической безопасности получения пищевых продуктов.

Список источников

1. Духовский П., Юкнис Р. Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессоров // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 2. С. 165.

2. Иванов А. И., Костычев А. А., Скобанев А. В. Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка базидиомамимакромицетов различных эколого-трофических и таксономических групп // Поволжский экологический журнал. 2008. № 3. С. 190–199.

3. Сарсембаева Н. Б. Анализ содержания тяжелых металлов в основном рационе коров ТОО «КазАгроСтандарт» [Накопление тяжелых металлов в пастбищных травах в условиях Казахстана] / Н. Б. Сарсембаева, Т. Б. Абдигалиева, А. Н. Билтебай и др. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020. № 2. С. 99–101.

4. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Новосибирской области // Статистический бюллетень за 2005 г. Новосибирск, 2006. 26 с.

5. Немерешина О. Н., Петрова Г. В., Филиппова А. В. Содержание кобальта и кадмия в тканях растений техногенной зоны // Вестник УГСХА. 2020. № 4 (52). С. 80–88.

References

1. Dukhovskiy P., Yuknis R. The reaction of plants to the complex effects of natural and anthropogenic stressors // Plant physiology. 2003. Vol. 50. № 2. P. 165.

2. Ivanov A. I., Kostychev A. A., Skobanov A. V. Accumulation of heavy metals and arsenic by basidiomes of macromycetes of various ecological-trophic and taxonomic groups // Volga Ecological Journal. 2008. № 3. P. 190–199.

3. Sarsembayeva N. B. Analysis of the content of heavy metals in the main diet of cows of KazAgroStandart LLP [Accumulation of heavy metals in pasture grasses

in Kazakhstan] / N. B. Sarsembayeva, T. B. Abdigalieva, A. N. Biltebai et al. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2020. № 2. P. 99–101.

4. About the sanitary and epidemiological situation in the Novosibirsk region // Statistical Bulletin for 2005. Novosibirsk. 2006. 26 p.

5. Nemereshina O. N., Petrova G. B., Filippova A. V. The content of cobalt and cadmium in plant tissues of the technogenic zone // Bulletin of the UGSHA. 2020. № 4 (52). P. 80–88.