



DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-2-230-241

УДК 574.2

ФАКТОРЫ НАКОПЛЕНИЯ И РАССЕЙНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ОДУВАНЧИКА В МОСКВЕ

Д.В. Власов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119991

Цель исследования — впервые для восточной части Москвы оценить ландшафтные и техногенные факторы формирования биогеохимических аномалий As, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Sb, Zn в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*). Изучались растения муниципальных районов Соколиная гора, Перово, Ивановское, Новогиреево, Вешняки, Новокосино и Косино-Ухтомский Восточного административного округа Москвы. Концентрации тяжелых металлов и металлоидов (ТМ) в отмытых растительных пробах определялись атомной абсорбцией. Биогеохимическая специализация листьев одуванчика в городе относительно фона имеет вид $Mo_{13,5}Cd_{4,8}Pb_{4,5}Fe_{4,5}As_{3,5}Sb_{3,0}Cu_{1,3}$. Техногенные и ландшафтные факторы накопления и рассеяния ТМ в листьях определены путем построения в пакете *SPLUS* регрессионных деревьев. Наиболее значимые факторы — физико-химические свойства почв. Также оказывают влияние другие ландшафтные (подтопление почв — на содержание Pb; ландшафтно-геохимическая позиция — Mn, Fe) и техногенные факторы (функциональная зона — Cu, Cd, Zn; выпадения элемента из атмосферы — Fe, Cd, Mo; выбросы автотранспорта — Pb, Fe).

Ключевые слова: биогеохимия, городские ландшафты, *Taraxacum officinale*, регрессионный анализ, дендрограммы

Введение

Растения способствуют очищению атмосферы от пыли, углекислого газа, поставляют кислород, создают рекреационную среду. Их широко используют для биомониторинга загрязнения урбанизированных территорий тяжелыми металлами и металлоидами, поступающими в растения из воздуха с листовым поглощением и из почв с корневым захватом [1]. При биомониторинге часто используют листья одуванчиков, основное внимание при этом уделяют Mn, Fe, Pb, Cu, Zn, Cd и As, в меньшей степени — Sb и Mo [2–5].

Трансформация, характер и интенсивность накопления растениями поллютантов изучались в городских ландшафтах многих природных зон [5–8], в Москве — в различных округах города [2; 9; 10], однако данных о факторах аккумуляции ТМ крайне мало. Для тополя и липы Западного округа установлено, что наибольшие различия концентраций ТМ в листьях определяются фазой вегетации, уровнем загрязнения почвы и расстоянием от дороги. Значимыми факторами являются также тип дороги для Co, Fe, Cu, Pb; удаленность от центра города — Pb, Zn, Fe, Co, Mn; загрязнение атмосферного воздуха — Pb, Ni, Mn, Co; наличие механических барьеров — Pb [10].

Исследование распределения ТМ в компонентах городского ландшафта совместно с количественным анализом ландшафтно-геохимической информации дает возможность определить механизмы и условия формирования аномалий ТМ. Поэтому *цель* данной работы — на примере восточной части Москвы (ВМ) оценить ландшафтные и техногенные факторы формирования биогеохимических аномалий ТМ в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*). Ландшафтно-геохимические исследования ВМ как модельной урбанизированной территории ведутся на географическом факультете МГУ с 1990-х годов. За 25-летний период накоплен значительный статистический материал, установлены особенности миграции и динамика накопления ТМ в ландшафтах, определена сезонная динамика накопления ТМ в неотмытых пробах листьев и веток тополя бальзамического и липы мелколистной и в укусах газонных злаков [11; 12], однако факторы распределения ТМ в травянистых видах изучаются впервые.

В настоящей работе решались следующие задачи:

- проанализировать основные техногенные и ландшафтные факторы на территории ВМ;
- установить концентрации ТМ в листьях одуванчика лекарственного;
- определить техногенные и ландшафтные факторы накопления и рассеяния ТМ в листьях одуванчика в ВМ.

Материалы и методы

Изучалась ВМ, включающая муниципальные районы Соколиная гора, Перово, Ивановское, Новогиреево, Вешняки, Новокосино и Косино-Ухтомский. Основные источники загрязнения здесь — ряд крупных промышленных зон, автомагистралей, ТЭЦ-11, районная тепловая станция «Перово» [12].

Для изучения биогеохимических особенностей территории после пятидневного бездождливого периода отбирались листья одуванчика ($n = 35$) в трехкратной повторности (рис. 1), так как содержания ТМ наиболее высоки в листьях и тонких ветвях растений [13]. Фоновые одуванчики ($n = 5$) опробовались в 45 км к западу от Москвы, южнее г. Звенигорода. На каждой точке собиралось около 100 г сырого растительного материала.

После промывания в проточной и дистиллированной воде образцы высушивались при 75 °С, затем подвергались мокрому озолению в тefлоновых автоклавах с добавлением 8 мл концентрированной HNO_3 и 2 мл H_2O_2 в течение 4 ч при 160–200 °С. Содержание As, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Sb, Zn в полученных растворах определялось на атомно-абсорбционных спектрометрах с пламенной атомизацией novAA-400 (Analytik—Jena AG) и AA-240Z (Varian Inc.).

Для выявления биогеохимических аномалий рассчитывались *коэффициенты концентрации* элементов $K_c = C/C_\phi$, где C и C_ϕ — содержание металла в растении в городе и на фоне соответственно, мг/кг сухого вещества.

Количественные и качественные факторы аккумуляции ТМ определены путем построения в пакете *SPLUS* (MathSoft, 1999) регрессионных деревьев. Суть метода заключается в разделении массива данных на два более однородных по ука-

занной зависимой величине подмножества, когда ее дисперсия минимальна. Данный метод неоднократно применялся при выявлении ландшафтных параметров, влияющих на водно-физические свойства почв, и диагностике педогеохимических барьеров [14; 15].

Модели строились в зависимости от следующих факторов:

— *техногенные*: функциональная зона; выпадения ТМ из атмосферы; выбросы автотранспорта;

— *ландшафтные*: ландшафтно-геохимическая позиция; подтопление почв; валовое содержание и концентрация подвижных форм (в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера с ЭДТА) ТМ в поверхностном (0–15 см) горизонте почв; физико-химические свойства почв — кислотно-основные условия (рН); электропроводность (ЕС), характеризующая степень засоления почв; содержание ведущих фаз-носителей ТМ: органического вещества ($C_{орг}$), оксидов Fe и Mn, фракций ила (< 1 мкм, PM_1), мелкой (1–5, PM_{5-1}), средней (5–10, PM_{10-5}) и крупной (10–50, PM_{50-10}) пыли, тонкого (50–250, PM_{250-50}), среднего и крупного (250–1000 мкм, $PM_{1000-250}$) песка.



Рис. 1. Точки отбора проб одуванчиков в ВМ. ВАО — Восточный административный округ

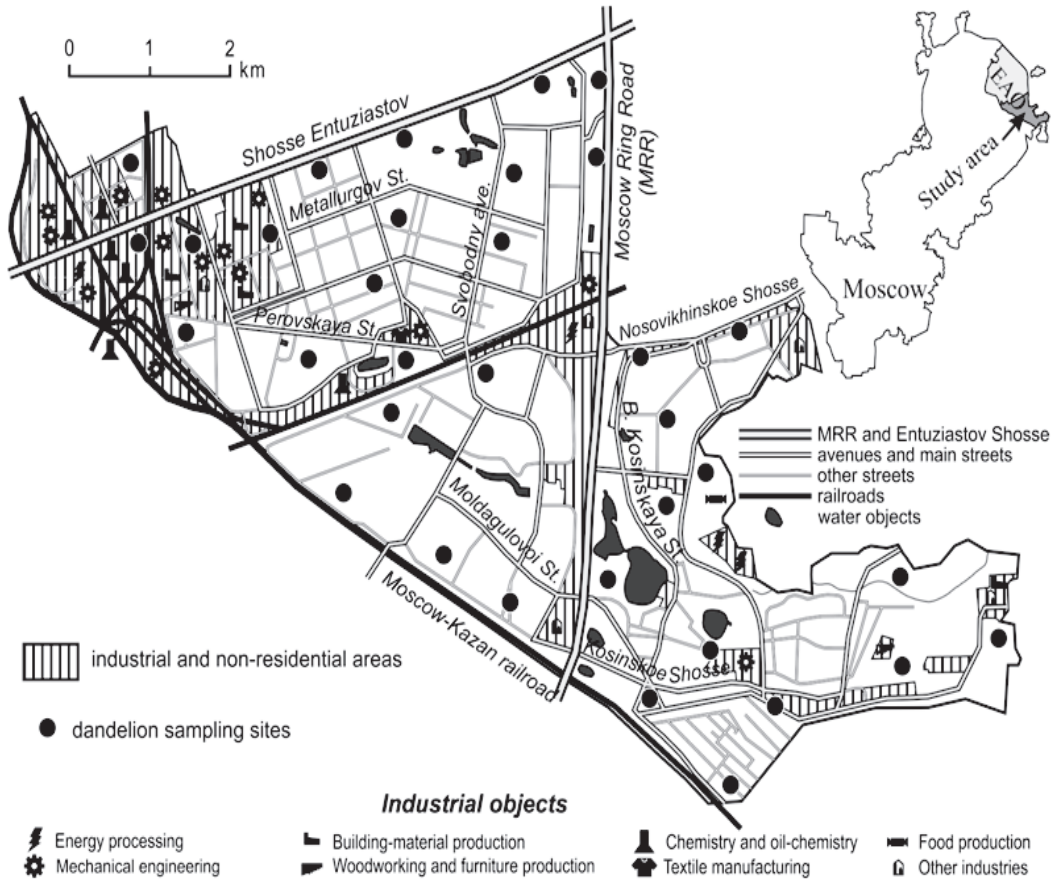


Fig. 1. Dandelion sampling sites in the EM. EAO — Eastern Administrative Okrug

Функциональная принадлежность территории определялась по карте функционального зонирования Восточного округа Москвы [16]. Удельный выброс автотранспорта на каждой магистрали рассчитан В.Р. Битюковой по статистическим данным, выпадения элементов в каждой точке — по работе [12]. Данные о физико-химических свойствах почв, валовом содержании и концентрации подвижных форм ТМ в почвах использовались по работе [15]. Остальные факторы оценены по картам из работ [12; 16].

Результаты и их обсуждение

Техногенные и ландшафтные факторы. Интенсивность и характер техногенного воздействия отражает функциональная структура территории. В ВМ выделены промышленная (*I*), транспортная (*T*), рекреационная (*R*) и постагрогенная (*A*) зоны, а также жилая застройка низкой этажности (1–5 этажей, *L*) преимущественно в старых кварталах в Косино-Ухтомском районе и Перово, средней (5–9 этажей, *M*) — в пределах МКАД, повышенной этажности (более 9 этажей, *H*) — за МКАД в Новокосино. В промзонах сосредоточены предприятия энергетики, машиностроения и металлообработки, химии и нефтехимии, производства

стройматериалов и мусоросжигательный завод. Рекреационная зона сформирована лесопарками Кусково, Терлецкий, Перовский, Косинским Триозерьем. Постагрогенная зона представлена Косинским парком на юго-востоке.

Наиболее интенсивные выпадения Mo, Sb, As, Fe, Zn, Mn, Cu, Cd характерны для автомагистралей и промзон [12]. По В.Р. Битюковой, наибольшее значение удельных выбросов автотранспорта приурочена к МКАД (до 57 мг на 1 км пробега) и ш. Энтузиастов (4—7 мг/км); наименьшая — к внутриквартальным улицам (< 1 мг/км).

В ВМ преобладают элювиальные ландшафты повышенных элементов мезорельефа (водноледниковые равнины) и трансаккумулятивные ландшафты более низких гипсометрических позиций (долинные зандры). Трансэлювиальные ландшафты распространены на небольших участках покатых склонов речных долин, супераквальные — в древнеозерных котловинах и днищах балок [16]. Подтопляемые участки с глубиной залегания грунтовых вод < 1 м приурочены к озерным понижениям и засыпанным поймам рек Пономарки, Нищенки, Серебрянки; неподтопляемые территории с глубоким (> 3 м) залеганием грунтовых вод, находятся на юго-востоке в бассейне р. Рудневки; остальные территории подтопляются периодически.

Поверхностные горизонты почв ВМ имеют нейтральную реакцию среды с рН — 7,1, повышаясь до щелочной с рН — 8,5 в промышленной и транспортной зонах и снижаясь до слабокислой в парках с рН — 6,3. Содержание $C_{орг}$ колеблется от 0,1 до 10,4% при среднем значении 3,5%. Почвы в основном супесчаные, в лесопосадках близ МКАД — тяжелосуглинистые. Наиболее легкий состав имеют поверхностные горизонты почв промышленных зон, наиболее тяжелый — почвы постагрогенной зоны. Количество оксидов Fe в среднем составляет 2,84%, Mn — 0,063%. Валовое содержание ТМ выше фонового уровня (цифра — величина K_c): $Cd_{7,6}Zn_{4,8}Sb_{4,8}Pb_{4,5}As_{4,0}Fe_{3,6}Cu_{2,9}Mo_{1,8}Mn_{1,4}$. Содержание подвижных форм ТМ также выше фоновых: $Zn_{35}As_{10}Sb_{6,6}Cu_{4,8}Cd_{3,1}Pb_{1,3}$ [12, 15].

Биогеохимическая специализация растений. В ВМ в листьях одуванчика (табл. 1) уровни содержания Mn в несколько раз выше, а Cu, Pb и As — ниже, чем в других городах, для Fe, Zn и Cd различия незначительны [2—4].

Таблица 1

Содержание ТМ в листьях одуванчика в ВМ и на фоновой территории, мг/кг сухого вещества

ТМ	Фон, n = 5	ВМ, n = 35
Mn	177 (150—203)	146 (74—279)
Fe	50 (18—170)	225 (117—510)
Zn	46 (30—63)	46 (16—152)
Cu	4,6 (3,3—5,5)	6,2 (3,5—7,1)
Pb	0,17 (0,10—0,24)	0,77 (0,044—1,8)
Cd	0,16 (0,10—0,22)	0,76 (0,099—3,4)
Mo	0,034 (0,028—0,043)	0,46 (0,02—1,8)
As	0,02 (0,01—0,04)	0,07 (0,01—0,38)
Sb	0,006 (0,002—0,011)	0,018 (0,002—0,066)

Примечание. В скобках указаны минимальные и максимальные значения.

Table 1

Heavy metals and metalloids (HM) content in dandelion leaves in the EM and on the background territory, mg/kg dry weight

HM	Background, n = 5	EM, n = 35
Mn	177 (150–203)	146 (74–279)
Fe	50 (18–170)	225 (117–510)
Zn	46 (30–63)	46 (16–152)
Cu	4,6 (3,3–5,5)	6,2 (3,5–7,1)
Pb	0,17 (0,10–0,24)	0,77 (0,044–1,8)
Cd	0,16 (0,10–0,22)	0,76 (0,099–3,4)
Mo	0,034 (0,028–0,043)	0,46 (0,02–1,8)
As	0,02 (0,01–0,04)	0,07 (0,01–0,38)
Sb	0,006 (0,002–0,011)	0,018 (0,002–0,066)

Note. The minimum and maximum values are indicated in parentheses

Биогеохимическая специализация листьев одуванчика в ВМ следующая (в единицах K_c): $Mo_{13,5}Cd_{4,8}Pb_{4,5}Fe_{4,5}As_{3,5}Sb_{3,0}Cu_{1,3}$. Одуванчики интенсивно накапливают Мо, подвижность и биодоступность которого повышается при росте рН почв [1]. Для них также характерна активная аккумуляция Cd, источником которого служат применяемые в ВМ фосфорные удобрения и торфо-компостные смеси и эмиссия от транспорта. Остальные ТМ содержатся в выбросах предприятий энергетики, машиностроения, химической промышленности и мусоросжигательного завода, а также транспорта, что подтверждается данными автора о составе дорожной пыли [12]. Mn интенсивно рассеивается из-за антагонизма элементов, когда вместо него органы растений захватывают Zn, Ca, Mo [1].

Факторы накопления и рассеяния ТМ в городских растениях. Результаты моделирования по методу регрессионных деревьев (рис. 2, табл. 2), позволили оценить пространственное варьирование биогеохимических аномалий ТМ в листьях травянистого вида при изменении ландшафтных и техногенных факторов.

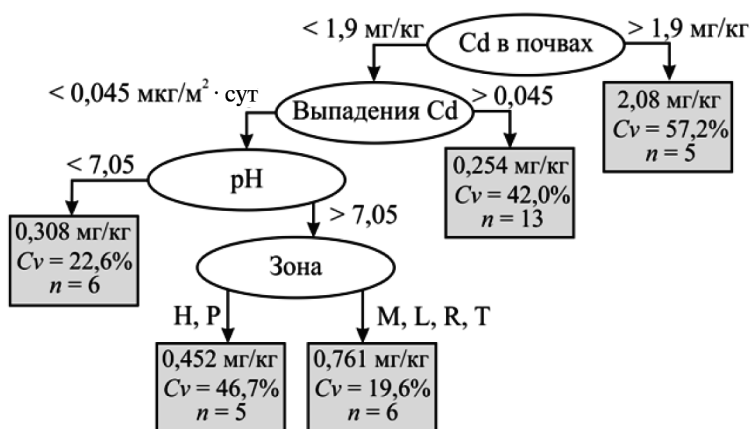


Рис. 2. Распределение Cd в листьях одуванчика ВМ при различных сочетаниях техногенных и ландшафтных факторов. Для конечных узлов приводится средняя концентрация Cd, коэффициент вариации Cv и число точек опробования n

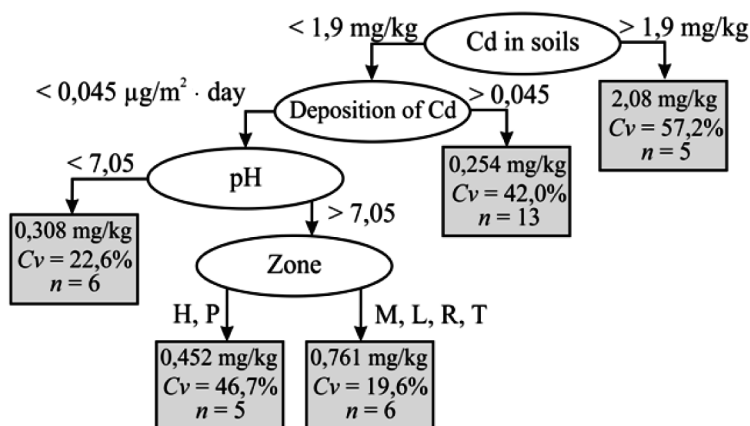


Fig. 2. Distribution of Cd in dandelion leaves in the EM upon different combinations of technogenic and landscape factors. For each terminal node, the mean Cd content, the coefficient of variation Cv , and the number of sampling points n are given. Zone: H — high-rise, M — mid-rise, L — low-rise buildings, R — recreational, I — industrial, T — transport

Таблица 2

Факторы накопления и рассеяния ТМ в листьях одуванчика

Факторы		Содержание в листьях								
		As	Cd	Cu	Fe	Mn	Mo	Pb	Sb	Zn
ТФ	Зона		4	2						3
	Выбросы транспорта				4-			1+		
	Выпадения элемента		2-		1+		3-			
Ландшафтные	Свойства почв	pH								2-
		ЕС					1-		2+	3+
		$C_{\text{вал}}$		1+					2-	
		$C_{\text{подв}}$	2+							
		$C_{\text{орг}}$	2+			3+		1+		
		PM_1	2-				3+			
		PM_{5-1}						2-		3-
		PM_{10-5}			1-			3-		3+
		PM_{50-10}							2-	1+
		PM_{250-50}			3-	2+				
	$PM_{1000-250}$					2-				2+
	Fe_2O_3	1+							1+	
Подтопление почв								3		
Элементарный ландшафт					4	2				

Примечание. Ранги 1—4 показывают уменьшение значимости фактора; «+» — рост показателя соответствует росту концентрации ТМ, «-» — ее уменьшению; для качественных показателей характер связи не определяется. $C_{\text{вал}}$ — валовое содержание элемента; $C_{\text{подв}}$ — его подвижных форм; ТФ — техногенные факторы.

Table 2

Factors of accumulation and depletion of HM in dandelion leaves

Factors		Concentration in leaves									
		As	Cd	Cu	Fe	Mn	Mo	Pb	Sb	Zn	
TF	Zone		4	2						3	
	Vehicle emissions				4-			1+			
	Atmospheric deposition of HM		2-		1+		3-				
Landscape	Soil properties	pH		3+						2-	
		EC					1-		2+	3+	
		C _{tot}		1+					2-		
		C _{mob}	2+								
		C _{org}	2+			3+		1+			
		PM ₁	2-				3+				
		PM ₅₋₁						2-		3-	
		PM ₁₀₋₅				1-		3-		3+	
		PM ₅₀₋₁₀								2-	1+
		PM ₂₅₀₋₅₀				3-	2+				2+
		PM ₁₀₀₀₋₂₅₀						2-			2+
	Fe ₂ O ₃	1+							1+		
	Flooding of soils							3			
Geochemical landscapes				4	2						

Note. Ranks 1 to 4 indicate the significance of a factor; «+» sign shows that higher ranks favor an increase in the content of the element; «-» sign shows that higher ranks favor a decrease in the content of the element; the character of the relationships between the ranks of the factors and the content of the elements was not determined for qualitative factors. C_{tot} — total content of HM; C_{mob} — concentration of mobile form of HM; TF — technogenic factors.

На накопление и деконцентрацию ТМ листьями одуванчика наиболее значимое влияние оказывают физико-химические свойства почв. Положительные связи элементов в листьях с гранулометрическими фракциями почв свидетельствуют о поступлении в последние подвижных форм Mn с илом, Fe — с тонким песком, а Zn — со средней и крупной пылью и песком любого размера; отрицательные же связи показывают накопление элементов в почвенных частицах в малодоступных формах: в илистой фракции — As, в мелкой пыли — Mo и Sb, в средней пыли — Cu и Mo, в крупной пыли — Sb, в тонком песке — Cu, в среднем и крупном песке — Mn.

Увеличение содержания C_{орг} в почвах приводит к интенсификации роста одуванчиков и активному бионакоплению Mo, As и Fe. Повышение pH почв способствует росту биодоступности Cd и его более активному биопоглощению, но снижению интенсивности накопления Sb. С ростом засоления почв поглощение одуванчиками Pb и Sb интенсифицируется, а Mn замедляется. Почвенные оксиды Fe способствуют усиленному бионакоплению As и Sb одуванчиками, что об-

условлено высокими концентрациями потенциально подвижной гидроксидной фракции этих ТМ в почвах [12].

Увеличение валового содержания Cd и подвижных форм As в почвах приводит к росту концентраций этих ТМ в одуванчиках, в то время как для Pb установлена обратная зависимость для валового содержания. Pb активнее накапливается в растениях на периодически подтопляемых, а Fe и Mn — в увлажненных почвах подчиненных трансаккумулятивных и супераквальных ландшафтов, где эти элементы с переменной валентностью находятся в более подвижных в восстановительной среде формах.

На концентрации Cu, Cd и Zn в листьях одуванчика влияет принадлежность к функциональной зоне. Среди техногенных факторов выделены также выпадения элемента (Fe, Cd, Mo) и выбросы автотранспорта (Pb, Fe). При этом положительные связи с факторами, характеризующими мощность техногенного воздействия, указывают на поступление ТМ в одуванчики в основном из атмосферного воздуха (Pb), а отрицательные связи — из почв (Cd, Mo).

Выводы

1. Биогеохимическая специализация отмытых образцов листьев одуванчика имеет вид (в единицах K_c) $Mo_{13,5}Cd_{4,8}Pb_{4,5}Fe_{4,5}As_{3,5}Sb_{3,0}Cu_{1,3}$. Для одуванчиков ВМ из-за антагонизма элементов характерно сильное рассеяние Mn, что типично для городских растений.

2. Наиболее значимыми факторами накопления и рассеяния ТМ листьями одуванчиков, являются физико-химические свойства почв: pH — Cd, Sb; засоление — Mn, Pb, Sb; гранулометрический состав — все элементы, кроме Cd и Pb; органическое вещество — Mo, Fe, As; содержание оксидов железа — As, Sb; концентрация подвижных форм — As; валовое содержание — Cd, Pb.

3. Концентрации ТМ в листьях одуванчиков также определяются ландшафтными (подтопление почв — Pb; ландшафтно-геохимическая позиция — Mn, Fe) и техногенными факторами (выпадения элемента из атмосферы — Fe, Cd, Mo; выбросы автотранспорта — Pb, Fe; функциональная зона — Cu, Cd, Zn).

Финансирование:

Изучение биогеохимической специализации растений осуществлено в рамках проекта РНФ (№14-27-00083), факторов накопления ТМ — при поддержке РФФИ и РГО (проект №17-05-41024).

Благодарности:

Автор благодарен Е.В. Терской и Л.В. Добрыдневой за проведение ряда химико-аналитических работ; Н.С. Касимову и Н.Е. Кошелевой за полезные советы и критические замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. Boca Raton (FL): CRC Press, 2011.
- [2] Лепнева О.М., Обухов А.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях территории Московского государственного университета // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 1987. № 1. С. 36—43.

- [3] *Massa N., Andreucci F., Poli M., Aceto M., Barbato R., Berta G.* Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2010. Vol. 73. Iss. 8. P. 1988–1997.
- [4] *Malizia D., Giuliano A., Ortaggi G., Masotti A.* Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil // *Chemistry Central Journal*. 2012. Vol. 6. Suppl. 2. S6–S15.
- [5] Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995.
- [6] *Новикова О.В., Кошелева Н.Е.* Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности г. Кито (Эквадор) // *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. 2007. № 6. С. 43–48.
- [7] *Rucandio M.I., Petit-Dominguez M.D., Fidalgo-Hijano C., Garcia-Gimenez R.* Biomonitoring of chemical elements in an urban environment using arboreal and bush plant species // *Environmental Science and Pollution Research*. 2011. Vol. 18. Iss. 1. P. 51–63.
- [8] *Hu Y., Wang D., Wei L., Zhang X., Song B.* Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the Loess Plateau, China // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014. Vol. 110. P. 82–88.
- [9] *Самаев С.Б.* Оценка эколого-геохимического состояния зон с высокой антропогенной нагрузкой (Московский регион): дисс. ... канд. геолого-минер. наук. М., 2004.
- [10] *Кошелева Н.Е., Макарова М.Г., Новикова О.В.* Тяжелые металлы в листьях древесных пород городских ландшафтов // *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. 2005. № 3. С. 74–81.
- [11] *Никифорова Е.М., Лазукова Г.Г.* Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и растений городских экосистем Перовского района Москвы // *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. 1991. № 3. С. 44–53.
- [12] *Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АПР, 2016.
- [13] *Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2002.
- [14] *Wösten J.H.M., Pachepsky Ya.A., Rawls W.J.* Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soils data and missing soil hydraulic characteristics // *Journal of Hydrology*. 2001. Vol. 251. Iss. 3–4. P. 123–150.
- [15] *Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Власов Д.В.* Факторы накопления тяжелых металлов и металлоидов на геохимических барьерах в городских почвах // *Почвоведение*. 2015. № 5. С. 536–553.
- [16] *Касимов Н.С., Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Хайбрахманов Т.С.* Геоинформационное ландшафтно-геохимическое картографирование городских территорий (на примере ВАО Москвы). Картографическое обеспечение // *Геоинформатика*. 2012. № 4. С. 37–45.

© Власов Д.В., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 20.03.2017

Дата принятия к печати: 30.03.2017

Для цитирования:

Власов Д.В. Факторы накопления и рассеяния тяжелых металлов и металлоидов в листьях одуванчика в Москве // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 2. С. 230–241.

Сведения об авторе:

Власов Дмитрий Валентинович — кандидат географических наук, научный сотрудник кафедры геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. E-mail: vlasgeo@yandex.ru

FACTORS OF ACCUMULATION AND DEPLETION OF HEAVY METALS AND METALLOIDS IN DANDELION LEAVES IN MOSCOW

D.V. Vlasov

Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, 1, Moscow, Russia, 119991

The aim of the study is to evaluate the landscape and technogenic factors of the formation of biogeochemical anomalies of As, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Sb and Zn in the leaves of dandelion (*Taraxacum officinale*). The plants of the municipal districts of Sokolinaya Gora, Perovo, Ivanovo, Novogireevo, Veshnyaki, Novokosino and Kosino-Ukhtomsky of the Eastern Administrative District of Moscow were studied. Concentrations of heavy metals and metalloids (HM) in washed plant samples were determined by atomic absorption method. The biogeochemical specialization of dandelion leaves in the city relatively to the background landscapes is following: $Mo_{13,5}Cd_{4,8}Pb_{4,5}Fe_{4,5}As_{3,5}Sb_{3,0}Cu_{1,3}$. Technogenic and landscape factors of accumulation and depletion of HM in leaves are determined by tree-based models in the SPLUS software. The most significant factors are the physical and chemical properties of soils. However some other landscape factors could also influence, for example soil flooding for Pb, landscape and geochemical position for Mn, Fe. Technogenic factors that could influence on HM distribution are functional zoning (Cu, Cd, Zn), atmospheric deposition of HM — Fe, Cd, Mo, vehicle emissions — Pb, Fe.

Key words: biogeochemistry, urban landscapes, *Taraxacum officinale*, regression analysis, tree-based models

REFERENCES

- [1] Kabata-Pendias A. *Trace elements in soils and plants*. 4th ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2011. DOI: 10.1201/b10158
- [2] Lepneva O.M., Obukhov A.I. Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh territorii Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie*. 1987; 1: 36—43. (In Russ).
- [3] Massa N., Andreucci F., Poli M., Aceto M., Barbato R., Berta G. Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2010; 73(8): 1988—1997. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.08.032
- [4] Malizia D., Giuliano A., Ortaggi G., Masotti A. Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil. *Chemistry Central Journal*. 2012; 6(2): S6. DOI: 10.1186/1752-153x-6-s2-s6
- [5] Kasimov N.S., editor. *Ekogeokhimiya gorodskikh landshaftov*. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1995. (In Russ).
- [6] Novikova O.V., Kosheleva N.E. Ekologo-geokhimicheskaya otsenka sostoyaniya drevnesnoi rastitel'nosti g. Kito (Ekvador). *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta. Seria Geografiya*. 2007; 6: 43—48. (In Russ).
- [7] Rucandio M.I., Petit-Dominguez M.D., Fidalgo-Hijano C., Garcia-Gimenez R. Biomonitoring of chemical elements in an urban environment using arboreal and bush plant species. *Environmental Science and Pollution Research*. 2011; 18(1): 51—63. DOI: 10.1007/s11356-010-0350-y
- [8] Hu Y., Wang D., Wei L., Zhang X., Song B. Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the Loess Plateau, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014; 110: 82—88. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.08.021
- [9] Samaev S.B. *Otsenka ekologo-geokhimicheskogo sostoyaniya zon s vysokoi antropogennoi nagruzkoi (Moskovskii region)* [dissertation]. Moscow, 2004. (In Russ).
- [10] Kosheleva N.E., Makarova M.G., Novikova O.V. Heavy metals in the foliage of deciduous species in urban landscapes. *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta. Seria Geografiya*. 2005; 3: 74—81. (In Russ).

- [11] Nikiforova E.M., Lazukova G.G. Geokhimicheskaya otsenka zagryazneniya tyazhelymi metallami pochv i rastenii gorodskikh ekosistem Perovskogo raiona Moskvy. *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta. Seria Geografiya*. 1991; 3: 44–53. (In Russ).
- [12] Kasimov N.S., Vlasov D.V., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M. *Geokhimiya landshaftov Vostochnoi Moskvy*. Moscow: APR, 2016. (In Russ).
- [13] Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Lozanovskaya I.N. *Ekologiya i okhrana biosfery pri khimicheskoy zagryaznenii*. Moscow: Vysshaya shkola, 2002. (In Russ).
- [14] Wösten J.H.M., Pachepsky Ya.A., Rawls W.J. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soils data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*. 2001; 251(3–4): 123–150. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00464-4
- [15] Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Vlasov D.V. Factors of the accumulation of heavy metals and metalloids at geochemical barriers in urban soils. *Eurasian Soil Science*. 2015; 48(5): 476–492. DOI: 10.1134/S1064229315050038
- [16] Kasimov N.S., Nikiforova E.M., Kosheleva N.E., Khaybrakhmanov T.S. Geoinformation landscape and geochemical mapping of city territories (the case of Eastern District of Moscow) 1. Cartographic support. *Geoinformatika*. 2012; 4: 37–45. (In Russ).

Article history:

Received: 20.03.2017

Revised: 30.03.2017

For citation:

Vlasov D.V. (2017) Factors of accumulation and depletion of heavy metals and metalloids in dandelion leaves in Moscow. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (2), 230–241.

Bio Note:

Vlasov Dmitriy Valentinovich — Candidate of Geographical Sciences, Research Associate, Department of Geochemistry of Landscapes and Geography of Soils, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University. E-mail: vlasgeo@yandex.ru