ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОХРАНА ЛАНДШАФТОВ

УДК 631.4
DOI: 10.18384/2712-7621-2022-4-6-19

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ревина О. А.[1], Ревин А. Г.[2]

[1] *Смоленский государственный университет*
142000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4, Российская Федерация

[2] *Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Смоленский филиал*
214018, г. Смоленск, пр-т Гагарина, д. 22, Российская Федерация

Аннотация

Цель. Выявление тенденций эколого-геохимических трансформаций почвенного покрова территорий городов Смоленск, Вязьма, Рославль, Ярцево и Гагарин Смоленской области под влиянием антропогенного воздействия.

Процедура и методы. С использованием архивных материалов в непосредственной близости от указанных городов выявлены участки, неподвергавшиеся антропогенному воздействию. Выполнены лабораторные исследования почвенных образцов различных функциональных зон городов Смоленской области по определению физико-химических свойств и содержанию геохимически подвижных форм металлов Mn, Zn, Cu и Pb методом пламенной атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрометре «Спектр – 5». Содержания железа в почвах проводилось колориметрически (с сульфосалициловой кислотой) на фотоэлектрическом фотометре КФК-2МП. Полученные показатели подвижных форм металлов Mn, Zn, Cu, Pb и Fe сравнивались с показателями фоновых участков.

Результаты. Полученные результаты сравнительного анализа позволили выявить изменения физико-химических свойств почв городов Смоленской области. Установлены изменения величины pH в сторону нейтральной или слабощелочной реакцией, что в свою очередь влияет на уменьшение подвижности металлов. Анализ загрязнения почв тяжёлыми металлами урболандшафтов Смоленской области показал, что в городах Вязьма и Смоленск выявлены наибольшие концентрации цинка в почвах. Содержание меди в почвенном покрове городов Смоленской области существенно превышает региональный фоновый уровень. Марганец, относящийся к 3 классу опасности, в почвах городов области незначительно превышает фоновый уровень. В целом отмечается невысокое моно-

© CC BY Ревина О. А., Ревин А. Г., 2022.

элементное и комплексное загрязнение почв городов Смоленской области. Установлено, что наибольшее загрязнение почвенного покрова выявлено в Вязьме и Смоленске.
Теоретическая и/или практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинговых исследований воздействия техногенных источников загрязнения на прилегающую территорию и прогнозирования экологической ситуации в городах, а также для планирования мероприятий, направленных на улучшение качества городской среды.

Ключевые слова: урбанозёмы, функциональные зоны, лабораторные исследования почв, физико-химические свойства почв, геохимический фон, загрязняющие вещества, тяжёлые металлы, Центральная Россия

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF SOILS OF URBAN LANDSCAPES OF SMOLENSK REGION

O. Revina[1], A. Revin[2]

[1] *Smolensk State University*
ul. Przhevalskogo 4, Smolensk 142000, Russian Federation

[2] *Financial University under the Government of the Russian Federation, Smolensk Branch*
prosp. Gagarina 22, Smolensk 214018, Russian Federation

Abstract
Aim. To identify the trends in ecological and geochemical transformations of the soil cover of the territories of the cities of Smolensk, Vyazma, Roslavl, Yartsevo and Gagarin of the Smolensk region under the influence of anthropogenic impact.
Methodology. Based on the use of archival materials, in the immediate vicinity of these cities the sites that were not subjected to anthropogenic impact were identified and stated as the background sites. Laboratory studies of the soil samples of various functional zones of the cities of the Smolensk region were carried out to determine the physicochemical properties and content of geochemically mobile forms of metals Mn, Zn, Cu and Pb by the method of flame atomic absorption on the atomic absorption spectrometer "Spectrum – 5". The iron content in the soils was carried out colorimetrically (with sulfosalicylic acid) on a photoelectric photometer KKK-2MP. The obtained indices of the mobile forms of metals Mn, Zn, Cu, Pb and Fe were compared with the indices of the background sites.
Results. The obtained results of the comparative analysis revealed changes in the physicochemical properties of the soils of the cities of the Smolensk region. Changes in the pH value towards a neutral or slightly alkaline reaction have been established, which in turn affects the decrease in the mobility of metals. The analysis of soil contamination with heavy metals of urban landscapes of the Smolensk region showed that the cities of Vyazma and Smolensk revealed the highest concentrations of zinc in soils. The copper content in the soil cover of the cities of the Smolensk region significantly exceeds the regional background level. Manganese, belonging to hazard class 3, in the soils of the cities of the region slightly exceeds the background level. In general, there is a low monoelement and complex pollution of the soils of the cities of the Smolensk region. It was established that the greatest contamination of the soil cover was detected in Vyazma and Smolensk.

Research implications. The obtained results can be used for monitoring studies of the impact of man-made sources of pollution on the adjacent territory and forecasting the environmental situation in cities, as well as for planning measures aimed at improving the quality of the urban environment.

Keywords: urbanozems, functional zones, laboratory studies of soils, physicochemical properties of soils, geochemical background, pollutants, heavy metals, Central Russia

Введение

Вопросам эколого-геохимического состояния городских территорий в последние десятилетия уделяется особое внимание в связи с тем, что они являются сложными пространственными природно-техногенными системами окружающей среды [7]. Геохимические аспекты трансформации городских территорий и установление закономерностей пространственного распределения и миграции химических элементов в урболандшафтах антропогенных объектов отражены в работах М. А. Глазовской (1998), В. В. Добровольского (1999), П. В. Елпатьевского (1993), В. Н. Башкина, Н. С. Касимова (2004), В. А. Алексеенко (2000) и др. [1–6]. При проведении исследований для получения оценок экологического состояния урболандшафтов использовались эколого-геохимические методы. К настоящему времени накоплена обширная информация об эколого-геохимическом состоянии как городов России, так и городов ближнего и дальнего зарубежья [1; 8–9; 12; 15]. Активно решается проблема использования разнообразных методических подходов для оценки эколого-геохимического состояния разных компонентов городских ландшафтов [5–6; 12]. Установлены региональные и локальные различия геохимической трансформации урболандшафтов в зависимости от комплексного воздействия природных и техногенных факторов. При этом особое внимание уделяется изучению современных тенденций изменения почвенного покрова городов, мониторинг и оценка качества которых является индикатором геохимической трансформации городских ландшафтов [1–5; 7; 11–14]. Поэтому выявление современного геохимического состояния городских почв и мониторинг содержания загрязняющих веществ, в т. ч. и тяжёлых металлов, позволяют осуществлять анализ воздействия техногенных источников загрязнения и прогнозировать изменения экологической ситуации в городах, а также планировать мероприятия, направленные на улучшение качеств городской среды.

Смоленск и некоторые районные центры Смоленской области имеют давнюю историю. На протяжении длительного времени проходили геохимические изменения, повлиявшие на современное эколого-геохимическое состояние городов. Очевидно, что сложные техногенные воздействия на окружающую среду вызывают существенные изменения в природных ландшафтах, формируя специфические для города структурные и функциональные зоны. Закономерности трансформации городских ландшафтов можно выявить с помощью исследования компонентов разных функциональных зон путём сравнения их с соответствующими параметрами фоновых территорий.

Целью исследования явилось выявление особенностей эколого-геохимических трансформаций почвенного покрова городских территорий Смоленской области, подверженных разному антропогенному воздействию.

Для исследования таких трансформаций территории Смоленской области были выбраны самые крупные по численности населения города: Смоленск, Вязьма, Рославль и Ярцево. Кроме того, в качестве объекта исследования был выбран г. Гагарин, расположенный на северо-востоке региона и примыкающий к Московской области. В указанных городах хорошо выражены селитебная, парково-рекреационная, транспортная и промышленная функциональные зоны.

Отбор почвенных образцов осуществлялся в летний период с 2003 по 2018 гг. и проводился с учётом функционального зонирования каждого города.

Образцы почв отбирались в каждой функциональной зоне с глубины 0–20 см в соответствии с апробированными методиками [10]. Указанный горизонт относится к аккумулятивно-гумусовому горизонту.

Для выявления степени трансформации городской среды в качестве фоновых (контрольных) ландшафтов были выбраны условно-коренные (без признаков антропогенного воздействия) ландшафты с типичными для Смоленской области дерново-подзолистыми почвами, сформированными под зональными хвойно-широколиственными лесами, расположенными поблизости от исследуемых городов (рис. 1). Фоновые участки выбирались

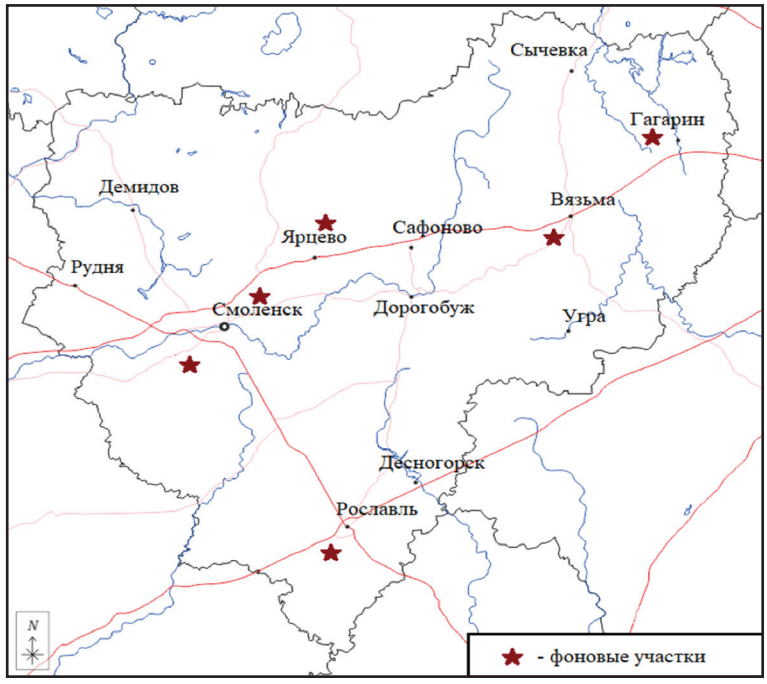

Рис. 1 / Fig. 1. Карта-схема расположения фоновых участков / Background Plot Map

Источник: составлено авторами

на территориях исторически не подверженных антропогенным воздействиям.

Основная часть химических исследований отобранных образцов была осуществлена в биогеохимической лаборатории СмолГУ с использованием общепринятых методик. Определение кислотности водной и солевой вытяжек почвы осуществлялось потенциометрическим методом, гидролитической кислотности (методам Каппена), органического вещества почвы (бихроматным методом в модификации И. В. Тюрина). Гранулометрический состав почв определялся по методу Н. А. Качинского. Определение суммы поглощённых оснований проводилось по ускоренному методу Каппена-Гольковица, содержания железа в почвах – колориметрически (с сульфосалициловой кислотой) на фотоэлектрическом фотометре КФК-2МП, содержание геохимически подвижных форм металлов (Mn, Zn, Cu, Pb) – методом пламенной атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрометре «Спектр – 5». Полученные результаты химических исследований обрабатывались с помощью математических методов с использованием прикладных пакетов для математических расчётов и построения графиков. Оценку эколого-геохимического состояния городских ландшафтов делали с помощью геохимических коэффициентов. Для оценки интенсивности загрязнения тяжёлыми металлами городских почв использовался коэффициент концентрации относительно фона:

$$Кс = C/C_ф,$$

где:

Кс – коэффициент концентрации;

С – фактическое содержание определяемого вещества в почве, мг/кг;

$C_ф$ – региональное фоновое содержание определяемого вещества в почве, мг/кг.

Комплексная оценка эколого-геохимического состояния почв осуществлялась при помощи суммарного показателя загрязнения (*Zc*), характеризующего эффект воздействия группы элементов:

$$Zc = \sum Кс - (n - 1),$$

где:

Zc – суммарный показатель загрязнения;

Кс – коэффициенты техногенной концентрации >1 (или 1,5),

n – число элементов с Кс >1 (или 1,5).

Особенности почв городских ландшафтов смоленской области

Сравнение фоновых почв и почв городов позволило выявить изменения физико-химических свойств почв городов Смоленской области (табл. 1). В таблице в столбце n указано общее количество проб в каждом городе, взятых во всех функциональных зонах. Ячейка каждого показателя для каждого города разделена на 2 части. Верхняя часть содержит среднее значение показателя по всем функциональным зонам города. В нижней части ячейки указан диапазон значений показателя по всем функциональным зонам.

Анализ химических параметров (табл. 1) показал, что во всех почвах исследованных городов выявлены изменения щёлочно-кислотных условий в сторону подщелачивания. Исследования показали, что по сравнению с фоновыми сильнокислыми и кислыми дерново-подзолистыми по-

Таблица 1 / Table 1

Химические показатели почв городов Смоленской области / Chemical indicators of soils of cities of the Smolensk region

Место отбора проб	n	pH (H_2O)	H	S	V, %	Гумус, %
			мг-экв/100 г почвы			
г. Смоленск	25	7,1	1,66	36,6	95,7	2,98
		5,5-7,8	0,23-8,65	11,2-50,2	56,4-99,5	0,89-4,4
г. Вязьма	10	7,3	1,63	28	94,5	3,8
		5,2-7,6	0,31-7,2	9,3-39,4	64,4-98,5	1,6-4,2
г. Ярцево	8	6,7	2,35	21,6	90,2	3,1
		5,7-7,1	1,7-3,2	17,7-26,3	83,5-96,9	2,4-3,5
г. Рославль	12	7,2	1,56	24,7	94,1	4,1
		5,5-8,1	0,43-7,7	8,5-34,6	72,5-97,2	2,8-4,7
г. Гагарин	10	7,5	1,2	18,5	94,4	3,3
		5,4-8,0	0,45-6,8	10,4-28,7	77,4-98,2	1,8-4,1
Фоновые почвы	6	5,1	15,9	18,4	52,3	3,5
		3,9-5,6	12,8-17,4	16,3-20,1	51,6-62,4	2,7-4

Примечание: **n** – количество проб, **H** – гидролитическая кислотность, **S** – сумма оснований, **V** – степень насыщенности почвы основаниями; над чертой – среднее, под чертой – пределы min/max.

Источник: составлено авторами

чвами в городах Смоленской области формируются в основном нейтральные или слабощелочные почвы среды, pH водной суспензии которых находится в пределах 5,2–8,1. При этом в ППК городских почв области отмечается увеличение подвижных катионов. Средние значения суммы оснований составляют от 18,5 до 36,6. Источником карбонатов, по мнению многих исследователей, является поступление пыли разного генезиса [1]. Такие изменения в условиях городской среды приводят к формированию насыщенных почв, для которых степень насыщенности почвы основаниями в среднем изменяется в диапазоне 90,2–95,7%. Содержание органических веществ в городских почвах области изменяется в широких приделах от 0,89 до 4,7% и зависит от степени трансформации.

Исследования также позволили установить зависимость степени трансформации физико-химических свойств почв от принадлежности городских территорий к функциональной зоне. Наибольшие изменения зафиксированы в промышленных и транспортных зонах городов области, особенно примыкающих к крупным автомагистралям.

Общей закономерностью для изученных городских почв является «облегчение» их гранулометрического состава (рис. 2). Наиболее ярко эта закономерность проявляется в почвах транспортных зон, где увеличение доли физического песка связано со значительным ежегодным внесением противогололёдных реагентов.

Анализ физико-химических свойств почв городов позволил оценить осо-

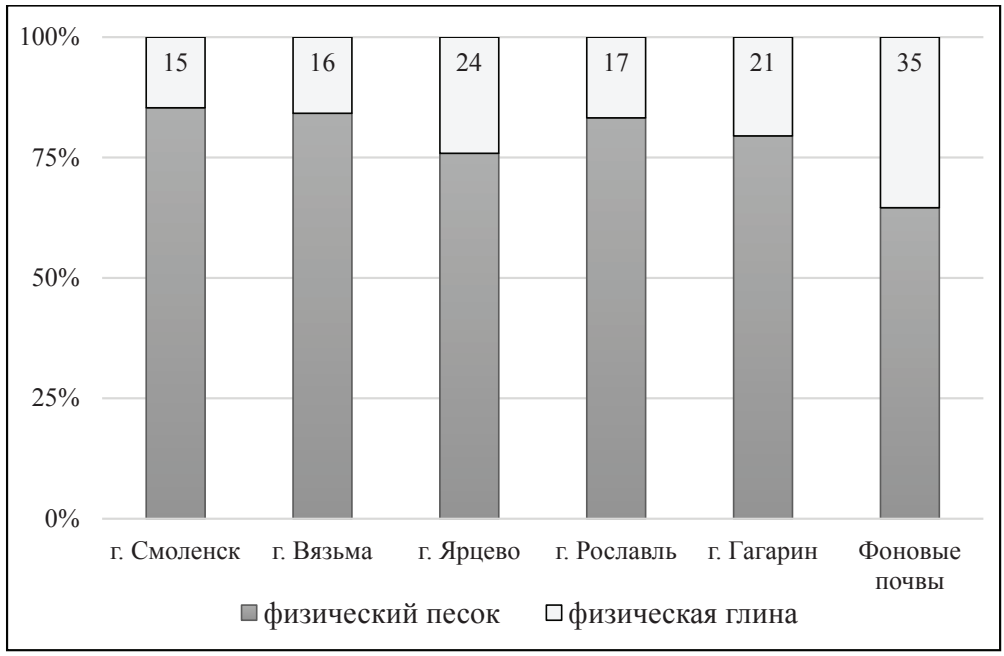

Рис. 2 / Fig. 2. Гранулометрический состав гумусового горизонта почв городов Смоленской области / Granulometric composition of the humus soil horizon of the cities of the Smolensk region

Источник: составлено авторами

бенности миграции элементов, к которым относятся тяжёлые металлы 1 и 2 класса опасности: Zn, Cu и Pb. Изменение кислотно-щелочных условий способствует уменьшению подвижности многих металлов, поступающих в почвы в результате техногенного воздействия, а также их аккумуляции в верхних горизонтах почв. В городах Смоленской области в качестве наиболее распространённых источников поступления тяжёлых металлов можно рассматривать газопылевые выбросы промышленных предприятий и автотранспорта, коммунальные отходы и осадки сточных вод [6].

Результаты лабораторных исследований почв городов Смоленской области на содержание геохимически подвижных форм металлов приведены в таблице 2. Для почв урболандшафтов Смоленской области выявлено превышение среднего содержания свинца, цинка и меди по сравнению с фоновыми значениями. Максимальные значения содержания свинца наблюдаются в почвах г. Вязьмы, где в исследованных пробах его обнаружено от 10–77 мг/кг. Наименьшими концентрациями характеризуются почвы г. Гагарина, где содержание свинца в исследованных пробах не превышает 3,75 мг/кг, что сопоставимо с фоновыми значениями. В условиях смещения pH в сторону нейтральной или слабощелочной среды подвижность свинца уменьшается. Даже в случае сокращения поступления свинца из стационарных и передвижных источников этот металл долго сохраняется в верхней части профиля почв.

Таблица 2 / Table 2

Геохимически подвижные формы металлов в почвах городов Смоленской области / Geochemically mobile forms of metals in the soils of cities of the Smolensk region

Место отбора проб	n	Металлы, мг/кг				
		Pb	Zn	Cu	Mn	Fe
г. Смоленск	15	12,3	36,3	18,5	101,1	180
		1,5–48,62	13,25–47,8	3,84–44,64	70,6–124,05	152–212,4
г. Вязьма	8	19,8	32,7	15,6	89,7	198,4
		10,0–77,0	10–100	2,0–30,0	67,8–118,6	161,7–231,7
г. Ярцево	8	3,7	17,7	2,4	72,5	228,5
		1,5–15,0	2,0–60,0	0,9–3,9	68,2-98,7	201,5–262,4
г. Рославль	8	17,8	20,3	11,8	81,4	195,3
		8,9–63,9	4,3–54,0	1,7–19,6	77,4–95,7	173–232,2
г. Гагарин	6	2,6	7,4	2,1	78,8	219,5
		1,25–3,75	0,5–17,0	0,5–3,5	65,3–86,4	193,2–263,4
Фоновые почвы	6	2,8	9,5	1,9	74,2	268,3
		2,14–3,34	5,96–19,47	2,04–3,52	61,93–92,82	254,7–295,2

Примечание: **n** – количество проб; над чертой – среднее, под чертой – пределы min/max

Источник: составлено авторами

Среди анализируемых металлов заметной техногенной аккумуляцией отличается цинк. В городах Вязьма и Смоленск выявлены наибольшие концентрации цинка в почвах. Для Смоленска характерно самое высокое среднее значение данного элемента – 36,3 мг/кг, а в Вязьме в промышленной функциональной зоне города обнаружены пробы с его максимальным содержанием – 100 мг/кг.

Содержание меди в почвенном покрове городов Смоленской области существенно превышает региональный фоновый уровень. Так, для фоновых почв среднее содержание меди составляет 1,9 мг/кг, а в почвах Смоленска и Вязьмы – 18,5 и 15,6 мг/кг соответственно. При этом максимальные значения (44,64 мг/кг) выявлены в промышленной зоне г. Смоленска.

Марганец, относящийся к 3 классу опасности, в почвах городов области незначительно превышает фоновый уровень. Образцы почвы урбанозёмов с невысокими значениями гумуса характеризуются сопоставимыми с фоном концентрациями марганца. В целом наблюдается неравномерное распределение металла в почвенном покрове городов, которое варьируется в пределах от 65,3 до 124,05 мг/кг. Максимальные значения наблюдаются в почвах парково-рекреационных зон г. Смоленска, а минимальные – в почвах г. Гагарина.

Исследования геохимически подвижных форм железа выявили от-

носительно невысокие значения содержания элемента в почвах урболандшафтов всех исследованных городов по сравнению с фоновыми образцами. При этом почвы с более выраженной степенью техногенной трансформации отличаются наименьшими значениями содержания железа. Например, для почвенного покрова г. Смоленска среднее содержание железа составляет 180 мг/кг, тогда как среднее содержание этого металла в фоновых почвах максимально и составляет 268,3 мг/кг.

В городах Смоленской области хорошо проявляется зависимость распределения металлов в зависимости от функциональной зоны. Для оценки трансформации почвенного покрова г. Смоленска использовался такой геохимический показатель, как коэффициент концентрации (*Кс*) (рис. 3). В Смоленске все исследованные функциональные зоны характеризуются слабой аккумуляцией в верхней части профилей почвы подвижных форм железа, для которых показатель *Кс* изменяется в пределах от 0,64 до 0,8.

Для марганца максимальный показатель *Кс* выявлен в почвах парково-рекреационных зонах города, где физико-химические свойства наиболее приближены к фоновым значениям и отличаются от почвенного покрова других функциональных зон более высокими значениями содержания гумуса и тонкодисперсной фракции. Наименьшими значениями *Кс* марганца отличаются почвы транспортной зоны Смоленска с облегчённым гранулометрическим составом и низким содержанием гумуса. Для марганца выявлена корреляция, связанная с количественным содержанием органиче-

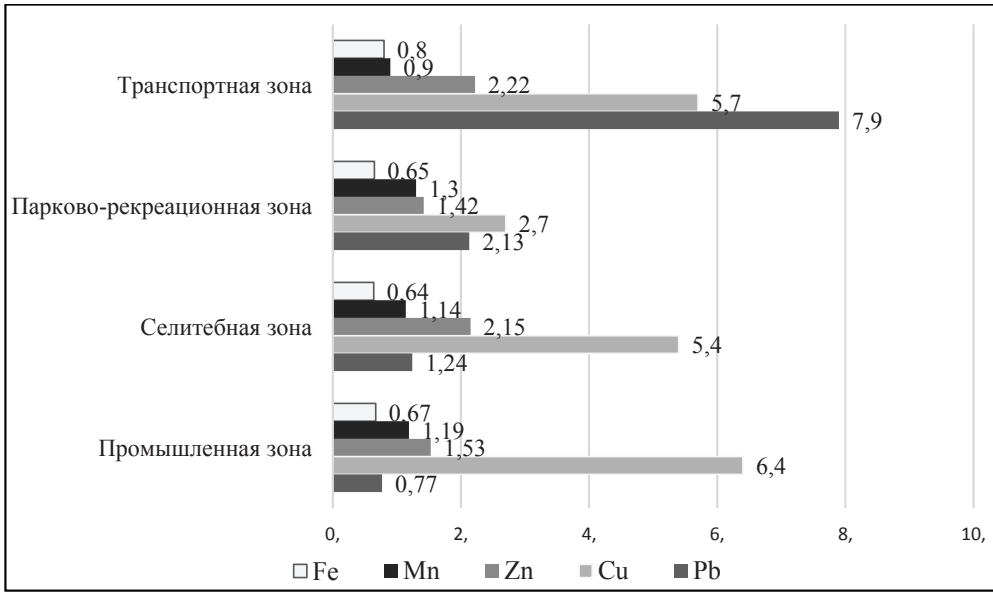

Рис. 3 / Fig. 3. Коэффициент концентрации (*Кс*) металлов в почвах функциональных зонах г. Смоленска / Metal concentration coefficient (Kc) in soils in functional zones of Smolensk

Источник: составлено авторами

ского вещества почвы и тонкодисперсной фракции.

Для цинка показатель *Кс* во всех функциональных зонах г. Смоленска составляет >1. Максимальное значение этого показателя (2,22) наблюдается в транспортной зоне города, а минимальное (1,42) – в парково-рекреационных зонах. Невысокие значения показателя *Кс* характерны для цинка в промышленных зонах Смоленска.

Максимальные значения показателя *Кс* наблюдаются для меди. В промышленных зонах города превышение фоновых значений достигает 6,4. Максимальные значения содержания меди выявлены в почвах, прилегающих к ОАО «Смоленский завод радиодеталей». Кроме того, высоким содержание меди характеризуются транспортные и селитебные зоны г. Смоленска, для которых *Кс* составляет 5,7 и 5,4 соответственно. Меньшим накоплением меди отличаются почвы парково-рекреационных зон. Вместе с тем выявленные значения превышают фоновые значения в 2,7 раза.

Для почвенного покрова г. Смоленска характерен наиболее широкий диапазон изменения содержания свинца. Показатель *Кс* исследуемого элемента изменяется от 0,77 до 7,9 и зависит от функциональной зоны. Максимальные значения содержания свинца характерны для газонов транспортных и селитебно-транспортных зон. Несмотря на существующий с 2002 г. запрет использования тетраэтилсвинца для повышения октанового числа бензина, основным источником загрязнения свинцом считается автотранспорт, работа которого до запрета уже сформировала геохимические аномалии. При этом малая подвижность элемента в антропогенно трансформированных физико-химических урбанозёмах способствует слабому рассеянию элемента. Минимальные значения аккумуляции элемента характерны для промышленных зон города, где коэффициент концентрации <1.

Геохимические ассоциации в функциональных зонах г. Смоленска имеют следующий вид:

– транспортная зона: $Pb_{7,9}$, $Cu_{5,7}$, $Zn_{2,22}$, $Mn_{0,9}$, $Fe_{0,8}$;

– селитебная зона: $Cu_{5,4}$, $Zn_{2,15}$, $Pb_{1,24}$, $Mn_{1,14}$, $Fe_{0,64}$;

– промышленная зона: $Cu_{6,4}$, $Zn_{1,53}$, $Mn_{1,19}$, $Pb_{0,77}$, $Fe_{0,67}$;

– парково-рекреационная зона: $Cu_{2,7}$, $Pb_{2,13}$, $Zn_{1,42}$, $Mn_{1,3}$, $Fe_{0,65}$.

Использование суммарного показателя загрязнения (*Zc*) позволило выявить степень комплексной геохимической трансформации почв городов и функциональных зон Смоленской области.

Для исследованных городов установлено, что наибольшая степень загрязнения почвенного покрова характерна для Вязьмы и Смоленска, где показатель *Zc* составляет 16,61 и 15,97 соответственно. Города Ярцево и Гагарин отличаются наименьшей техногенной трансформацией с допустимой степенью загрязнения. Рославль занимает промежуточное положение с показателем *Zc*, равным 12,52.

В г. Смоленске наибольшие техногенные нагрузки испытывают почвы транспортной и селитебно-транспортной зон, где показатель *Zc* составляет 13,72, а наименьшие – парково-рекреационные зоны с показателем *Zc* – 4,55. Таким образом, ранжирование урболандшафтов г. Смоленска (от более загрязнённых к менее загрязнённым)

имеет следующий вид: транспортные > селитебные > промышленные > парково-рекреационные.

Полученные показатели в целом согласуются с экологическими проблемами малых городов России [3].

Заключение

Проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Выявлены основные закономерности трансформации физико-химических свойств почв городов Смоленской области. Установлены изменения величины pH в сторону нейтральной – слабощелочной реакцией, что в свою очередь влияет на уменьшение подвижности металлов и их аккумуляцию в верхней части профиля почвы. Характерной особенностью является увеличение доли физического песка в верхней части профиля почв урболандшафтов.

2. Анализ загрязнения почв тяжёлыми металлами урболандшафтов всех исследованных городских ландшафтов Смоленской области показал превышение среднего содержания свинца, цинка и меди по сравнению с фоновыми значениями. В целом отмечается невысокое моноэлементное и комплексное загрязнение почв городов Смоленской области.

3. Исследование содержания тяжёлых металлов в почвах городов показало неравномерное распределение их в зависимости от функциональных зон. Наибольшей техногенной трансформации подвержены почвы транспортной зоны, поэтому основным источником загрязнения в городах Смоленской области является автотранспорт.

4. Использование суммарного показателя загрязнения (Zc) позволило выявить степень комплексной геохимической трансформации почв городов Смоленской области. Установлено, что наибольшая степень загрязнения почвенного покрова характерна для городов Вязьмы и Смоленска, где показатель *Zc* составляет 16,61 и 15,97 соответственно.

Результаты исследования эколого-геохимических особенностей почв городских ландшафтов могут быть использованы при планировании городской застройки и размещении промышленных предприятий.

Статья поступила в редакцию 06.06.2022

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Концентрации химических элементов в городских почвах. // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А. И. Перельмана): сб. трудов конф. / ред. Н. С. Косимов. М.: Географический факультет МГУ, 2016. С. 84–88.
2. Башкин В. Н., Касимов Н. С. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004. 648 с.
3. Битюкова В. Р. Экологические проблемы малых городов России. // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2007. № 1. С. 13–21.
4. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. СССР. М.: Высшая школа, 1998. 328 с.
5. Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.
6. Елпатьевский П. В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
7. Касимов Н. С. Экогеохимия ландшафтов. М., 2013. 208 с.

8. Влияние автотранспорта на экологическое состояние почв в Западном административном округе Москвы / Н. Е. Кошелева, М. Ф. Дорохова, Н. Ю. Кузьминская, А. В. Рыжов, Н. С. Касимов // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 2. С. 16–27.
9. Кошелева Н. Е., Тимофеев И. В., Касимов Н. С. Распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвенных катенах горнопромышленных ландшафтов на примере Закаменска (Россия) и Эрдэнэта (Монголия) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019. № 2. С. 16–32.
10. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений, при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под ред. Н. Г. Зырина, С. Г. Малахова. М.: Гидрометеоиздат, 1981. 109 с.
11. Ревина О. А., Ревин А. Г. Особенности трансформации почвенного покрова малых городов Смоленской области // Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития / под ред. Е. Г. Кольмаковой. Минск: БГУ, 2019. С. 218–220.
12. Тюлькова Е. Г., Карпиченко А. А. Эколого-геохимическая оценка условий развития и адаптация древесных растений к техногенному воздействию (на примере г. Гомеля) // Природные ресурсы. 2020. № 2. С. 70–77.
13. Чертко Н. К., Карпиченко А. А., Лебедев Д. О. Химия почв города Гомеля // Здоровые почвы – гарант устойчивого развития: сб. мат-лов науч.-практ. конф. / под ред. М. В. Протасова. Курск: Курск. гос. ун-т, 2019. С. 95–99.
14. Чупина В. И. Почвы Никитского ботанического сада и их геохимические свойства // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. № 1. С. 35–41.
15. Birke M., Rauch U. Urban geochemistry: investigations in the Berlin metropolitan area // Environmental Geochemistry and Health. 2000. Vol. 22. P. 233–248.

REFERENCES

1. Alekseenko V. A., Alekseenko A. V. Concentrations of chemical elements in urban soils. In: Kosimov N. S. *Geokhimiya landshaftov (k 100-letiyu A. I. Perelmana): sb. trudov konf.* [Geochemistry of landscapes (to the 100th anniversary of A. I. Perelman)]. Moscow, Geograficheskiy fakultet MGU Publ., 2016, pp. 84–88.
2. Bashkin V. N., Kasimov N. S. *Biogeokhimiya* [Biogeochemistry]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2004. 648 p.
3. Bityukova V. R. [Environmental problems of small towns in Russia]. In: *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography], 2007, no. 1, pp. 13–21.
4. Glazovskaya M. A. *Geokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh landshaftov. SSSR* [Geochemistry of natural and technogenic landscapes. The USSR]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1998. 328 p.
5. Dobrovolsky V. V. [Landscape-geochemical criteria for assessing soil pollution with heavy metals]. In: *Pochvovedeniye* [Soil Sci], 1999, no. 5, pp. 639–645.
6. Elpatievsky P. V. *Geokhimiya migratsionnykh potokov v prirodnykh i prirodno-tekhnogennykh geosistemakh* [Geochemistry of migration flows in natural and natural-technogenic geosystems]. Moscow, Nauka Publ., 1993. 253 p.
7. Kasimov N. S. *Ekogeokhimiya landshaftov* [Ecogeochemistry of landscapes]. Moscow, 2013. 208 p.
8. Kosheleva N. Ye., Dorokhova M. F., Kuzminskaya N. Yu., Ryzhov A. V., Kasimov N. S. [Impact of motor vehicles on the ecological state of soils in the western district of Moscow].

In: *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography], 2018, no. 2, pp. 16–27.
9. Kosheleva N. E., Timofeev I. V., Kasimov N. S. Distribution of heavy metals and metaloids in soil catenes of mining landscapes (case studies of Zakamensk, Russia, and Erdenet, Mongolia). In: *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography], 2019, no. 2, pp. 16–32.
10. Zyrin N. G., Malakhov S. G., eds. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh i laboratornykh issledovaniy pochv i rasteniy, pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchey sredy metallami* [Guidelines for conducting field and laboratory studies of soils and plants, while monitoring environmental pollution with metals]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1981. 109 p.
11. Revina O. A., Revin A. G. [Features of transformation of the soil cover of small cities of the Smolensk region]. In: Kolmakova Ye. G., ed. *Sovremennyye napravleniya razvitiya fizicheskoy geografii: nauchnyye i obrazovatelnyye aspekty v tselyakh ustoychivogo razvitiya* [Modern trends in the development of physical geography: scientific and educational aspects for sustainable development]. Minsk, BGU Publ., 2019, pp. 218–220.
12. Tyulkova E. G., Karpichenko A. A. [Ecological-geochemical assessment of the development conditions and adaptation of wood plants to technogenic effects (on example of the city of Gomel)]. In: *Prirodnyye resursy* [Natural Resources], 2020, no. 2, pp. 70–77.
13. Chertko N. K., Karpichenko A. A., Lebedev D. O. [Chemistry of soils in the city of Gomel]. In: Protasova M. V., ed. *Zdorovyye pochvy – garant ustoychivogo razvitiya: sb. mat-lov nauch.-prakt. konf.* [Healthy soils – a guarantor of sustainable development: a collection of materials of scientific and practical. conf.]. Kursk, Kursk. gos. un-t Publ., 2019, pp. 95–99.
14. Chupina V. I. [Soils of the Nikita Botanical Garden and their geochemical properties]. In: *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography], 2020, no. 1, pp. 35–41.
15. Birke M., Rauch U. Urban geochemistry: investigations in the Berlin metropolitan area. In: *Environmental Geochemistry and Health,* 2000, vol. 22, pp. 233–248.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ревина Оксана Алексеевна – кандидат географических наук, доцент кафедры географии естественно-географического факультета Смоленского государственного университета;
e-mail: revinaoksanaal@gmail.com

Ревин Алексей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры математики, информатики и общегуманитарных наук Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, Смоленского филиала;
e-mail: aleksejrevin@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oksana A. Revina – Ph.D (Geography), Assoc. Prof., Department of Geography, Faculty of Natural Geography, Smolensk State University;
e-mail: revinaoksanaal@gmail.com

Aleksey G. Revin – Ph.D (Technical Sciences), Assoc. Prof., Department of mathematics, computer technologies and general humanitarian sciences, Financial University under the Government of the Russian Federation, Smolensk branch;
e-mail: aleksejrevin@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ревина О. А., Ревин А. Г. Эколого-геохимические особенности почв городских ландшафтов смоленской области // Географическая среда и живые системы. 2022. № 4. С. 6–19. DOI: 10.18384/2712-7621-2022-4-6-19

FOR CITATION

Revina O. A., Revin A. G. Ecological and geochemical features of soils of urban landscapes of Smolensk region. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2022, no. 4, pp. 6–19. DOI: 10.18384/2712-7621-2022-4-6-19