

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН МЕГАПОЛИСА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ ЕКАТЕРИНБУРГА)

Е. А. БАЙТИМИРОВА,

кандидат биологических наук, научный сотрудник,
Институт экологии растений и животных УрО РАН,

Е. В. МИХЕЕВА, кандидат биологических наук, доцент,

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
Уральский государственный горный университет,

Е. Н. БЕСПАМЯТНЫХ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт,

И. М. ДОННИК, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, ректор,

А. С. КРИВОНОВОГА, кандидат биологических наук, доцент,

Уральский государственный аграрный университет

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: тяжелые металлы, геохимическая аномалия, почва, лесопарк.

Территории многих крупных уральских городов, в том числе Екатеринбурга, характеризуются сложностью геологического строения и наличием районов с высоким природным содержанием тяжелых металлов. В частности, участки с ультраосновными подстилающими горными породами обуславливают высокие концентрации ряда тяжелых металлов в почве, таких как никель, медь, хром, кобальт, цинк. Состояние городских почв характеризует экологическое и санитарное состояние окружающей среды. Особое место в структуре городов занимают городские парки и лесопарки, которые осуществляют главным образом рекреационные функции, направленные на улучшение и поддержание здоровья горожан. Сведения о загрязнении тяжелыми металлами почвенного покрова различных городов, как правило, касаются только поверхностного слоя почв. Вместе с тем следует отметить, что во многих случаях техногенное загрязнение почв городов происходит в условиях природных геохимических аномалий. Таким образом, сами почвы становятся источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод. На территории г. Екатеринбурга проведено изучение содержания тяжелых металлов в почве рекреационных зон. Показано, что к преобладающим загрязнителям на территории парков и лесопарков относятся Pb, Cu, Ni, Cr, Zn. Показатель суммарного загрязнения почв рекреационных зон не превышает среднего уровня ($Z_c \leq 22$). Установлено, что химический состав подстилающих горных пород может оказывать существенное влияние на суммарный уровень содержания тяжелых металлов в почве лесопарков города, что обуславливает необходимость учета данной нагрузки при проведении мониторинга загрязнения городских почв.

ASSESSMENT OF MEGALOPOLIS RECREATIONAL AREAS BY HEAVY METALS POLLUTION (ON EXAMPLE OF EKATERINBURG)

Е. А. BAYTIMIROVA, candidate of biological sciences, research worker,

Institute of Plant and Animal Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,

Е. V. MIKHEEVA, candidate of biological sciences, associate professor,

Ural Federal University of the first President of Russia B. N. Yeltsin,

Ural State Mining University,

Е. N. BESPAMYATNYH, candidate of biological sciences, senior research worker,

Ural Scientific Research Veterinary Institute,

И. М. DONNIK, doctor of biological sciences, professor, academician of Russian Academy of Sciences, rector,

А. S. KRIVONOGOVA, candidate of biological sciences, associate professor,

Ural State Agrarian University

(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: heavy metals, geochemical anomaly, soil, forest park.

Many of the major Ural cities, including Ekaterinburg, characterize the complexity of the geological structure and the presence of areas with high natural content of heavy metals. In particular, areas with underlying ultramafic rocks contribute to high concentrations of some heavy metals in the soil, such as nickel, copper, chromium, cobalt, zinc. The condition of urban soils environmental and health characterizes the environment. A special place in the structure of cities is urban parks and forest parks, which are primarily recreational functions, aimed at improving and maintaining the health of citizens. Information about heavy metals contamination of soil cover of different cities, usually affect only the surface layer of soil. However, it should be noted that in many cases, anthropogenic contamination of soils in the cities is in terms of natural geochemical anomalies. Thus, the soils become a source of secondary pollution of the surface layer of the atmosphere, surface water and groundwater. On the territory of the Ekaterinburg city the heavy metals content in the soil of recreational areas was studied. It is shown that the prevailing pollutants within the parks and forest parks are Pb, Cu, Ni, Cr, Zn. The index of total soil contamination of recreational areas does not exceed the average level ($Z_c \leq 22$). It was found that the chemical composition of underlying rocks may have a significant impact on the overall level of heavy metals in the soil of the city parks, resulting in the need to integrate this load during the pollution monitoring of urban soils.

Положительная рецензия представлена И. А. Шкуратовой, доктором ветеринарных наук, профессором, директором Уральского научно-исследовательского ветеринарного института.



Геохимическая гетерогенность биосферы обусловлена неравномерностью распределения химических элементов в земной коре и расположением источников техногенных эмиссий. Актуальность геохимических исследований подтверждается многочисленными работами отечественных и зарубежных исследователей, а также развитием целого комплекса научных направлений и наук, связанных с изучением биогеохимических отношений между геосферами Земли и живыми организмами. В связи с этим необходимо упомянуть геохимическую экологию, экологию человека и медицинскую геологию.

Результаты работ в данных научных направлениях свидетельствуют о нежелательных (отрицательных) биологических эффектах при недостаточном или избыточном содержании в среде химических элементов, включение которых в обменные процессы связано со специфическим действием. К таким эффектам относятся эндемические заболевания растений, животных и человека, осложнения неэндемических болезней, нарушения роста, развития организмов, репродуктивной, эндокринной функций [2, 13]. Накопление тяжелых металлов (ТМ) в почве и компонентах ландшафта является фактором развития экологически обусловленных заболеваний человека [2].

Скорость развития техносферы диктует необходимость продолжения мониторинговых геохимических исследований, в том числе на территории Урала, для которого характерно наличие как естественных геохимических аномалий (ЕГА) высокой контрастности, так и многочисленных источников техногенных загрязнений. Изучение региональных аспектов техногенных и природных геохимических факторов, влияющих на состояние окружающей природной среды в городах, позволит определить степень гигиенического неблагополучия и оптимальный перечень приоритетных тяжелых металлов для мониторинга объектов среды обитания.

Территории многих крупных уральских городов, в том числе Екатеринбурга, характеризуются сложностью геологического строения и наличием районов с высоким природным содержанием тяжелых металлов. В частности, участки с ультраосновными подстилающими горными породами обуславливают высокие концентрации ряда тяжелых металлов в почве, таких как никель, медь, хром, кобальт, цинк.

Состояние городских почв характеризует экологическое и санитарное состояние окружающей среды. Особое место в структуре городов занимают городские парки и лесопарки, которые осуществляют главным образом рекреационные функции, направленные на улучшение и поддержание здоровья горожан. Сведения о загрязнении тяжелыми металлами почвенного покрова различных городов, как прави-

ло, касаются только поверхностного слоя почв [3, 4, 6, 7]. Тогда как во многих случаях техногенное загрязнение почв городов происходит в условиях природных геохимических аномалий. Таким образом, сами почвы становятся источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод.

Цель и методика исследований. Цель данной работы – провести оценку содержания тяжелых металлов в почве рекреационных зон г. Екатеринбурга, характеризующихся разным типом подстилающих горных пород.

На территории Екатеринбурга с целью изучения природно-техногенного загрязнения ТМ проведено почвенное опробование в границах Калиновского лесопарка. Кроме того, проведена оценка содержания тяжелых металлов на территориях естественной геохимической аномалии в окрестностях п. Уралец Свердловской области и фонового участка в юго-восточной части Висимского государственного природного биосферного заповедника [12]. Естественная геохимическая аномалия в окрестностях п. Уралец обусловлена сходными с Калиновским лесопарком ультраосновными горными породами (пироксениты, серпентиниты). Юго-восточный участок Висимского заповедника характеризуется фоновыми концентрациями химических элементов в почве [12] (табл. 2).

Полученные авторами результаты обсуждаются в сравнении с опубликованными результатами по содержанию тяжелых металлов в почве таких рекреационных зон г. Екатеринбурга, как Парк им. 50-летия ВЛКСМ [4], Шарташский и Нижнеисетский лесопарки [7]. Выбор химических элементов для количественного анализа (табл. 2) обусловлен логикой предшествующих исследований и отражает геохимическое своеобразие изученных территорий. В сводной таблице (табл. 2) для всех районов исследований, за исключением Калиновского лесопарка, представлены данные по валовым формам элементов.

Отбор почвенных образцов для изучения природно-техногенного загрязнения почвы на территории Калиновского лесопарка проводился с глубин 5–10 см и 30–40 см. Всего было отобрано 10 проб в 5 точках (рис. 1). Образцы отобраны с учетом требований ГОСТ 17.4.3.01_83 «Охрана природы. Почвы». Для оценки валового содержания химических элементов было сформировано 5 объединенных проб (верхний горизонт + нижний горизонт) и проведен спектральный полуколичественный анализ почвенных образцов, включающий в определение концентраций 35 элементов. Концентрации кислоторастворимых форм преобладающих элементов (Cu, Pb, Ni,

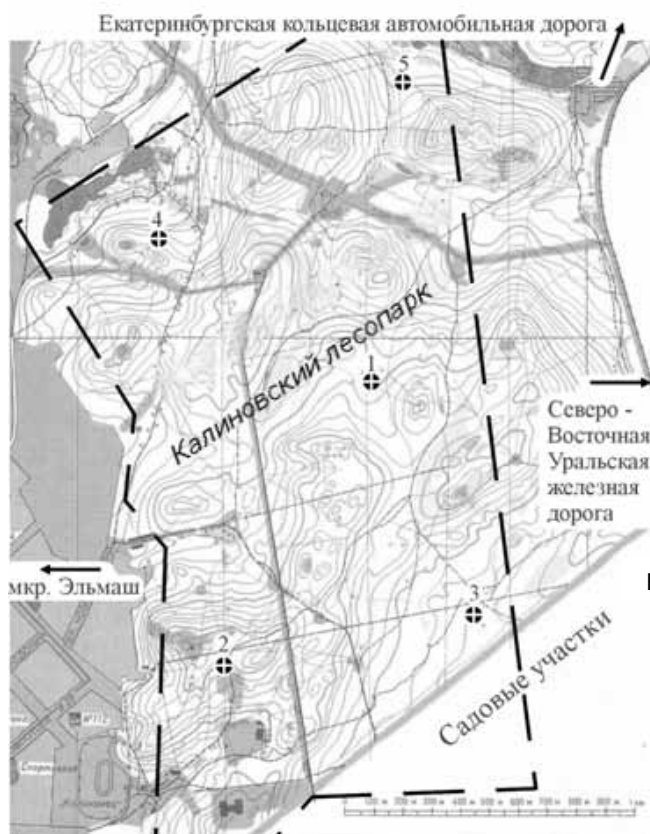


Рис. 1. Схема расположения точек отбора почвенных проб на территории Калиновского лесопарка, г. Екатеринбург (--- границы распространения ультраосновных горных пород на территории лесопарка)

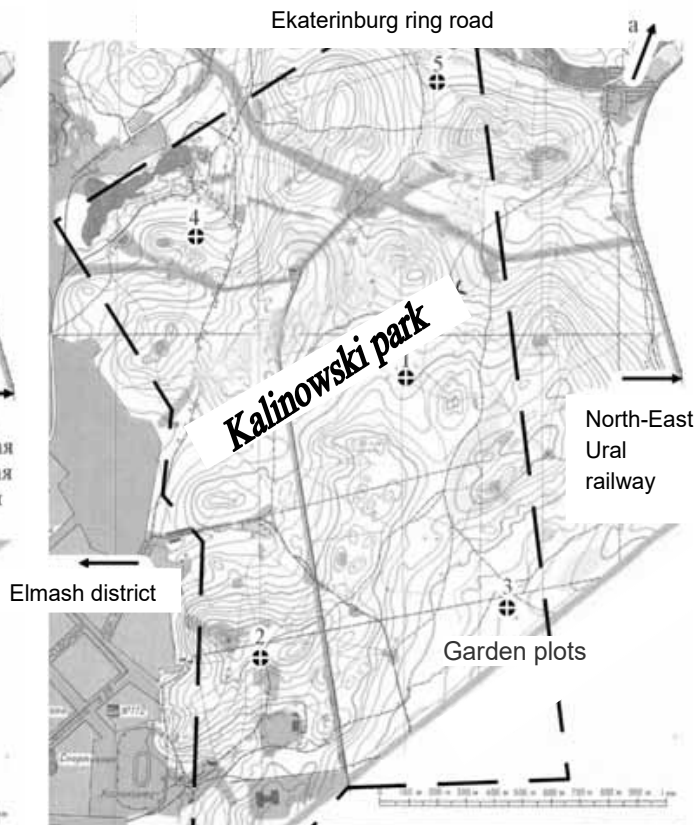


Fig. 1. The scheme of location of sampling points of soil samples on the territory of the forest park Kalinowski, Ekaterinburg (--- the limits of distribution of ultrabasic rocks in forest park)

Cr, Zn) были определены с помощью метода атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной и электротермической атомизацией. Почвенные образцы в данном случае были проанализированы по каждому горизонту отдельно.

С целью гигиенической оценки качества почвы рекреационных зон были рассчитаны коэффициенты концентрации (Kc) и показатели суммарного загрязнения почвы (Zc).

Результаты исследований. Накопление тяжелых металлов в различных почвенных горизонтах – это отражение химического своеобразия подстилающих горных пород или следствие техногенного влияния. Известно, что около 90 % атмотехногенных поллютантов накапливаются в верхнем горизонте (0–10 см) почвы [12], тогда как элементы, поступающие из подстилающих горных пород, характеризуются накоплением в нижележащих горизонтах.

В ходе первого этапа геохимических исследований на территории Калиновского лесопарка г. Екатеринбург были оценены концентрации в почве 36 химических элементов, установленных при помощи спектрального полуколичественного анализа (табл. 1). Такие элементы, как Li, Tl, Ir, Ta, Au, Cl, Hs, в почвенных пробах обнаружены не были. По результатам данного опробования практически во всех точках были отмечены превышения концентраций

никеля (Ni), хрома (Cr), меди (Cu) и цинка (Zn) по сравнению с кларками почв для населенных пунктов, а также со средним содержанием элементов в почвах крупных городов, по В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко [2] (табл. 1).

Для количественной оценки содержания кислоторастворимых форм выделенных четырех элементов был продолжен анализ почвенных образцов с помощью метода атомной абсорбции отдельно по горизонтам.

В связи с широкомасштабным загрязнением окружающей среды свинцом (Pb) [6] и опасностью его токсичного действия на организмы этот элемент также был включен в дальнейший анализ. Результаты элементопределений представлены на рис. 2 и 3.

На территории Калиновского лесопарка содержание никеля в верхнем почвенном горизонте превышает кларковые значения для селитебных территорий во всех точках опробования. Критические уровни с превышением ПДК (85 мг/кг) по данному элементу отмечены в центральной и юго-западной частях парка. В нижележащем горизонте характер распределения никеля по территории парка сохраняется. Точка 2 характеризуется максимальной концентрацией элемента (396,26 мг/кг) с превышением ПДК в 4,7 раза (рис. 3).



Таблица 1
Содержание химических элементов, 10-3% массы

Table 1
The content of chemical elements, 10-3% of mass

Элемент	Калиновский лесопарк, г. Екатеринбург (номер почвенной пробы)					Кларк почв населенных пунктов (по В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко, 2013)
	1	2	3	4	5	
Ni	30	40	5	7	10	3,299
Co	2	4	1.5	2	3	1,409
Cr	70	40	15	30	20	8,0
Mn	100	180	100	100	100	72,87
V	9	7	15	10	10	10,486
Ti	500	400	400	500	600	475,792
Sc	1	1.8	3	1.5	1.5	0,942
P	0	90	90	90	90	120,047
Ge	0	0	0	0	0.15	0,181
Cu	15	9	9	15	15	3,897
Zn	40	40	30	30	20	15,8
Pb	6	3	2	6	5	5,449
Ag	0.06	0.15	0.02	0.06	0.04	0,037
Bi	0.15	0	0.15	0	0.15	0,112
Mo	0.15	0.1	0	0	0.1	0,244
Ba	30	20	20	40	40	85,312
Sr	15	15	30	30	20	45,783
W	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0,288
Sn	0.7	0.4	0.3	0.4	0.4	0,677
Be	0.18	0.2	0.2	0.2	0.2	0,326
Zr	30	20	18	18	20	25,559
Ga	1	0.7	0.7	1.5	1.8	1,619
Y	2	4	4	2	2	2,335
Yb	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0,243
Nb	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	1,57
La	1	2	1	1	1	3,4

Element	Kalinowski forest park, Ekaterinburg (number of soil sample)					Clark of soils of settlements (by V. A. Alekseenko, A. V. Alekseenko, 2013)
	1	2	3	4	5	
Ni	30	40	5	7	10	3.299
Co	2	4	1.5	2	3	1.409
Cr	70	40	15	30	20	8.0
Mn	100	180	100	100	100	72.87
V	9	7	15	10	10	10.486
Ti	500	400	400	500	600	475.792
Sc	1	1.8	3	1.5	1.5	0.942
P	0	90	90	90	90	120.047
Ge	0	0	0	0	0.15	0.181
Cu	15	9	9	15	15	3.897
Zn	40	40	30	30	20	15.8
Pb	6	3	2	6	5	5.449
Ag	0.06	0.15	0.02	0.06	0.04	0.037
Bi	0.15	0	0.15	0	0.15	0.112
Mo	0.15	0.1	0	0	0.1	0.244
Ba	30	20	20	40	40	85.312
Sr	15	15	30	30	20	45.783
W	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.288
Sn	0.7	0.4	0.3	0.4	0.4	0.677
Be	0.18	0.2	0.2	0.2	0.2	0.326
Zr	30	20	18	18	20	25.559
Ga	1	0.7	0.7	1.5	1.8	1.619
Y	2	4	4	2	2	2.335
Yb	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.243
Nb	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	1.57
La	1	2	1	1	1	3.4

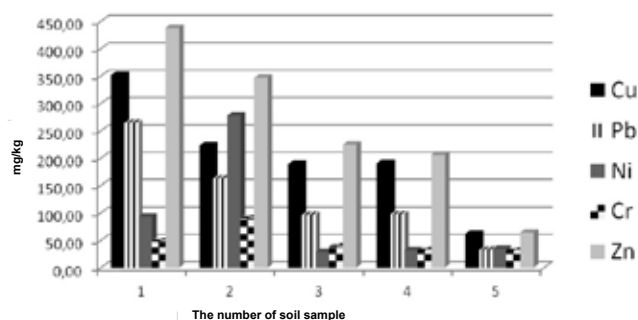
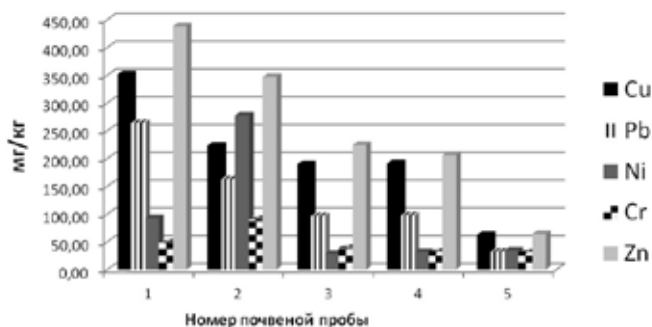


Рис. 2. Содержание химических элементов в почве лесопарка Калиновский (глубина взятия проб – 0–10 см)

Fig. 2. The content of chemical elements in the soil of the forest park Kalinowski (depth of sampling – 0 to 10 cm)

Среднее содержание хрома в верхнем почвенном горизонте на территории лесопарка не превышает кларковое значение для селитебных территорий во всех точках опробования (рис. 2). Тем не менее на глубине 30–40 см в юго-западной части парка отмечены превышающие ПДК в 1,13 раз концентрации элемента (рис. 3).

Содержание меди в верхнем горизонте почвы Калиновского лесопарка превышает ПДК (100 мг/кг) на всей территории лесопарка минимум в 1,13 (точ-

ка 5) – максимум в 4,1 раза (точка 2) (рис. 2). В нижележащем горизонте мы не наблюдаем превышения содержания меди в сравнении с кларковым селитебным значением ни в одной из анализируемых точек (рис. 3).

Характер распределения свинца в почвенных горизонтах на изучаемом участке сходен с таковым у меди и отличается высокими, с превышением ПДК (32 мг/кг) и средних значений для селитебных территорий концентрациями в верхнем горизонте (точ-

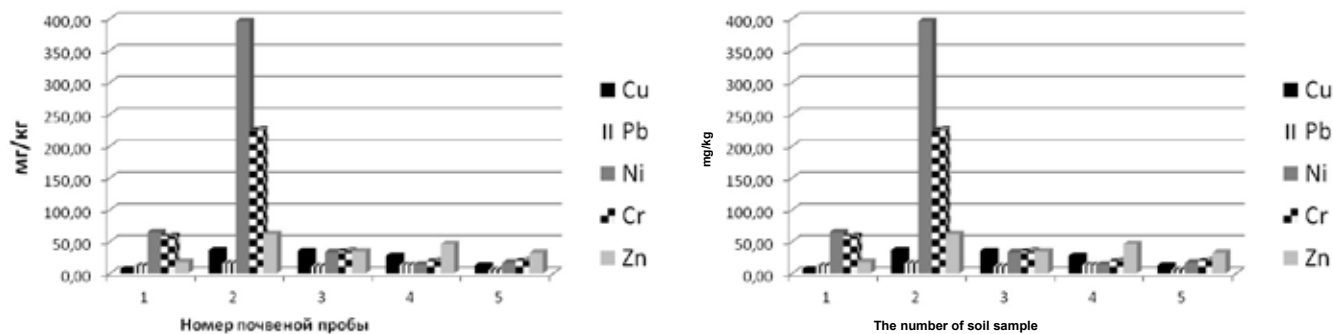


Рис. 3. Содержание химических элементов в почве лесопарка Калиновский (глубина взятия проб – 30–40 см)

Fig. 3. The content of chemical elements in the soil of the forest park Kalinowski (depth of sampling – 30–40 cm)

Таблица 2
Содержание химических элементов в почвах изучаемых районов (мг/кг)

Районы	Горные породы	Содержание химических элементов в почве, мг/кг				
		Ni	Cr	Cu	Zn	Pb
п. Уралец (ЕГА)	Пироксениты, дуниты, серпентиниты	390,86 ± 9,13	2880 ± 1799,7	—**	—	—
Висимский заповедник	Габбро, диориты, гранитоиды	18,46 ± 0,99	11,38 ± 0,58	—	—	—
Парк им. 50 лет ВЛКСМ	Граниты, габбро, базальт	67,71 ± 23,28		76,43 ± 27,72	139,71 ± 57,34	237±142,97
Шарташский лесопарк	Граниты, базальт, зеленые сланцы	—	—	88,80	160,0	18,0
Нижнеисетский лесопарк	Дуниты, верлиты, клинопироксениты, габбро	—	—	54,6	48,3	30,0
Калиновский лесопарк*	Серпентиниты, тальк-карбонатные породы	93,21 ± 47,63	47,88 ± 11,10	203,85 ± 46,24	256,05 ± 63,94	130,82±39,31
		105,08 ± 73,25	72,23 ± 39,16	23,75 ± 6,04	38,63 ± 7,27	11,56±1,73
Среднеуральские кларки, мг/кг		30	100	20	50	15
ПДК (почва), мг/кг		85	200	55	100	30

Примечание: *для Калиновского лесопарка данные приведены по двум диапазонам взятия проб: над чертой глубина 0–10 см, под чертой – глубина 30–40 см. В остальных случаях глубина опробования составляла 0–10 см; **прочерк означает отсутствие данных.

Table 2
The content of chemical elements in soils of the studied areas (mg/kg)

Areas	Rocks	The content of chemical elements in soil, mg/kg				
		Ni	Cr	Cu	Zn	Pb
Uralets (EGA)	Pyroxenite, dunite, serpentinite	390.86 ± 9.13	2880 ± 1799.7	—**	—	—
Visimsky reserve	Gabbros, diorites, granitoids	18.46 ± 0.99	11.38 ± 0.58	—	—	—
The Park named after 50 years of All-Union Leninist Communist Union of Youth	Granites, gabbro, basalt	67.71 ± 23.28		76.43 ± 27.72	139.71 ± 57.34	237±142,97
The park Shartash	Granite, basalt, green shale	—	—	88.80	160.0	18,0
Nizhneisetsky park	Dunite, verlet, clinopyroxenites, gabbro	—	—	54.6	48.3	30,0
Kalinowski park *	The serpentinites, talc-carbonate rocks	93.21 ± 47.63	47.88 ± 11.10	203.85 ± 46.24	256.05 ± 63.94	130,82±39,31
		105.08 ± 73.25	72.23 ± 39.16	23.75 ± 6.04	38.63 ± 7.27	11,56±1,73
Sredneuralsk clarks, mg/kg		30	100	20	50	15
MPC (soil), mg/kg		85	200	55	100	30

Note: *for Kalinowski forest data are shown for two ranges of sampling: above the line depth of 0–10 cm, below the line – depth of 30–40 cm. In other cases, the sampling depth was 0–10 cm; **a dash means no data.



ки 1–5) и резким снижением с глубиной, вплоть до уровня фоновых значений (точки 1–5) (рис. 2, 3).

Практически вся территория Калиновского лесопарка (точки опробования 1, 2, 3, 4) характеризуется высокими, превышающими ПДК (100 мг/кг) и кларковые значения населенных пунктов концентрациями цинка в верхнем горизонте. В нижележащем горизонте, как в случае с медью и свинцом, концентрации цинка ниже уровня фоновых значений (рис. 2, 3).

Таким образом, как в верхнем, так и в нижележащем горизонте отмечается неравномерное распределение поллютантов по изучаемой территории. Юго-западная часть парка более подвержена загрязнению тяжелыми металлами (точки 1 и 2) в сравнении с северной (точки 4 и 5). В целом можно отметить, что на глубине до 10 см в почве преимущественно накапливаются цинк, медь и свинец, тогда как в нижележащем горизонте отмечаются повышенные концентрации никеля и хрома. Подобную закономерность можно объяснить тем, что загрязнение почвы на изучаемом участке такими элементами, как свинец, медь и цинк, связано с антропогенной нагрузкой [8], а повышенные концентрации хрома и никеля обусловлены их поступлением из подстилающих пород [9].

На основе литературных данных был проведен сравнительный анализ накопления ТМ в других парках Екатеринбурга [4, 7], характеризующихся иным типом подстилающих горных пород. Кроме того, проведено сравнение с опубликованными результатами почвенного опробования территорий естественной геохимической аномалии и фонового участка Висимского заповедника [12] (табл. 2).

Высокие концентрации никеля и хрома в почве Калиновского лесопарка, как и на территории ЕГА в окрестностях пос. Уралец (табл. 2), обусловлены ультраосновными подстилающими горными породами. В парке им. 50-летия ВЛКСМ, где основными подстилающими породами являются граниты, содержание никеля в почве гораздо меньше (68 мг/кг). Для территории Калиновского лесопарка установлено максимальное в сравнении с другими парками содержание меди и цинка. По содержанию в почвах свинца Калиновский лесопарк уступает только парку им. 50-летия ВЛКСМ. В лесопарках Шарташском и Нижнеисетском содержание свинца незначительно.

Рассчитанный показатель суммарного загрязнения почв (Z_c) для двух лесопарков (Шарташский $Z_c = 7$ и Нижнеисетский $Z_c = 4$) по трем элементам (Zn, Cu, Pb) можно считать незначительным с минимальным уровнем воздействия на здоровье населения [11].

Калиновский лесопарк ($Z_c = 20$) и парк им. 50-летия ВЛКСМ ($Z_c = 22$) характеризуются средним уровнем загрязнения. Данный уровень загрязнения может привести к повышению общей заболеваемости населения [11].

Показатель Z_c для естественной геохимической аномалии в окрестностях п. Уралец, рассчитанный по двум элементам (Ni, Cr), равен 300 баллам, что соответствует очень высокому уровню загрязнения с критическими последствиями для здоровья населения. На территории Калиновского лесопарка показатель суммарного загрязнения почв, рассчитанный по никелю и хрому, составил 3 балла. Показатель Z_c для фоновой территории по данным элементам равен 0,59. Таким образом, вклад естественной геохимической составляющей в суммарный уровень загрязнения на территории изучаемого лесопарка отличен от фонового значения и должен учитываться при проведении планового мониторинга загрязнения городских почв тяжелыми металлами.

Выводы. Рекомендации. В настоящее время специфика функционирования городских экосистем во многом определяется многочисленными и разнообразными процессами техногенной миграции элементов. Химическое загрязнение тяжелыми металлами, охватывающее все основные компоненты городских ландшафтов, приводит к значительным изменениям их эколого-геохимических характеристик и ухудшает качество окружающей человека среды. Надежными индикаторами интенсивности техногеохимического давления выступают в первую очередь почвы.

Проведенное нами исследование позволяет сделать заключение о том, что на территориях лесопарков ТМ, как правило, распределены неравномерно. Несмотря на значительные изменения коренных почв на территории городов вследствие процесса урбанизации, подстилающие горные породы все же могут оказывать существенное влияние на уровень накопления ТМ в почвах. Подобные факты стоит учитывать при размещении на территории лесопарков мест для активного отдыха горожан. Таким образом, систематические исследования содержания металлов в почве рекреационных зон дают возможность принимать управленческие решения, направленные на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предотвращение негативных сдвигов показателей здоровья.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-04-31097).

Литература

1. Агаджанян Н. А., Скальный А. В., Детков В. Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управлением здоровьем нации // Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.
2. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д : Изд-во Южного федер. ун-та, 2013. 381 с.
3. Антипанова Н. А. Комплексная оценка антропогенного загрязнения объектов городской среды крупного промышленного центра черной металлургии // Экология промышленного производства. 2007. № 1. С. 25–27.
4. Аткина Л. И., Жукова М. В., Морозов А. М., Данилов Д. А. Загрязнение почв парка им. 50 ВЛКСМ г. Екатеринбурга тяжелыми металлами // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-15153.
5. Васильев А. А., Чащин А. Н. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения. Пермь : Пермская ГСХА, 2011. 197 с.
6. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2009. 95 с.
7. Залесов С. В., Колтунов Е. В. Содержание тяжелых металлов в почвах лесопарков г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6. С. 71–72.
8. Касимов Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1995. 343 с.
9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. 439 с.
10. Колесников С. И., Казеев К. Ш., Денисова Т. В., Даденко Е. В. Оценка устойчивости почв юга России к химическому загрязнению // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 91. С. 1–16.
11. Ревич Б. А., Саэт Ю. Е., Смирнова Р. С. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М. : ИМГРЭБ, 1990.
12. Михеева Е. В., Жигальский О. А., Мамина В. П. Тяжелые металлы в системе почва-растение-животное в районе естественной геохимической аномалии // Экология. 2003. № 4. С. 318–320.
13. Ермаков В. В. Биогеохимическая эволюция таксонов биосферы в условиях техногенеза // Труды биогеохимической лаборатории. 2003. Т. 24. С. 5–22.

References

1. Agadzhanian N. A., Skal'nyi A. V., Detkov V. Yu. Human elemental portrait: morbidity, demography and problem of national health management // Human ecology. 2013. № 11. P. 3–12.
2. Alekseenko V. A., Alekseenko A. V. Clarke numbers of chemical elements in the urban landscapes soils. Rostov-na-Donu, 2013. 381 p.
3. Antipanov N. A. Comprehensive assessment of anthropogenic pollution of urban environment of large ferrous metallurgy industrial center // Industrial Ecology. 2007. № 1. P. 25–27.
4. Atkina L. I., Zhukova M. V., Morozov A. M., Danilov D. A. Soil contamination of Park 50 Komsomol of Ekaterinburg by heavy metal // Modern problems of science and education. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-15153.
5. Vasil'ev A. A., Chashchin A. N. Heavy metals in the soils of the city Chusovoy: assessment and diagnosis of pollution. Perm : Perm State Agricultural Academy, 2011. 197 p.
6. Vodyanitskii Yu. N. Heavy and extra heavy metals and metalloids in contaminated soils. M. : V. V. Dokuchaev Soil Science Institute of RAAN, 2009. 95 p.
7. Zalesov S. V., Koltunov E. V. Content of heavy metals in the soil of Ekaterinburg // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 6. P. 71–72.
8. Kasimov N. S. Ecogeochemistry of urban landscapes. M., 1995. 343 p.
9. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Trace elements in soil and plants. M., 1989. 439 p.
10. Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh., Denisova T. V., Dadenko E. V. Stability evaluation of southern Russian soils to chemical pollution // Scientific Journal of KubSAU. № 91. 2013. P. 1–16.
11. Revich B. A., Saet Yu. E., Smirnova R. S. Guidelines for assessing the degree of air pollution settlements metals on their content in the snow cover and soil. M. : IMGRE, 1990.
12. Mikheeva E. V., Zhigal'skii O. A., Mamina V. P. Heavy metals in the soil-plant-animal system in the area of natural geochemical anomaly // Ecology. 2003. № 4. P. 318–320. [
13. Ermakov V. V. Biogeochemical evolution of the biosphere taxonsin conditions of technogenesis // Proceedings of the biogeochemical laboratory. 2003. Vol. 24. P. 5–22.