

Оценка антропогенного загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком почв города Ухта (Республика Коми)

© 2021. Е. Ю. Кряжева¹, ст. преподаватель,
Е. М. Лаптева², к. б. н., доцент, зав. отделом почвоведения,
С. В. Денева², к. б. н., н. с., Ю. В. Холопов², к. б. н., н. с.,
Н. В. Бадулина², ведущий инженер-химик,
Г. Г. Осадчая¹, д. г. н., профессор,

¹Ухтинский государственный технический университет,
169300, Россия, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13,

²Институт биологии Федерального исследовательского центра
«Коми научный центр Уральского отделения РАН»,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
e-mail: eremina_83@mail.ru

Исследованы почвы разных функциональных зон одного из промышленных городов Республики Коми – города Ухта. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой в верхних горизонтах почв определено содержание 14 тяжёлых металлов (ТМ) (Pb, Hg, Ba, Zn, Cd, Cu, Co, Ni, Fe, Mn, Cr, Mo, V, Sr) и одного металлоида (As). Установлено, что общий уровень загрязнения поллютантами определяется совместным вкладом естественных и антропогенных факторов. Показано, что в почвах города по сравнению с почвами фоновых территорий повышено валовое содержание ТМ. В технозёмах промышленной зоны и в почвах рекреационной зоны (подзолы с урбаногенными признаками) суммарное загрязнение почв ТМ соответствует умеренно-опасному уровню. Отмечено возрастание подвижности ТМ в технозёмах и её снижение – в почвах рекреационной зоны относительно природного фона.

Ключевые слова: экологический мониторинг, городские почвы, тяжёлые металлы, загрязнение почв.

Assessment of anthropogenic pollution by heavy metals and arsenic in soils of Ukhta city (Komi Republic)

© 2021. E. Yu. Kryazheva¹ ORCID: 0000-0002-4826-9231[†]

E. M. Lapteva² ORCID: 0000-0002-9396-7979[†] N. V. Badulina² ORCID: 0000-0001-8388-4726[†]
S. V. Deneva² ORCID: 0000-0002-1813-7799[†] Yu. V. Kholopov² ORCID: 0000-0002-5725-746X[†]

G. G. Osadchaya¹ ORCID: 0000-0003-0323-5975[†]

¹Ukhta State Technical University,
13, Pervomayskaya St., Ukhta, Russia, 169300,

²Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of RAS,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
e-mail: eremina_83@mail.ru

The soils of different functional zones of one of the industrial cities in the Komi Republic – the city of Ukhta – were studied. The total content and mobile forms of 14 heavy metals (HMs) (Pb, Hg, Ba, Zn, Cd, Cu, Co, Ni, Fe, Mn, Cr, Mo, V, Sr) and 1 heavy metalloid (As) in the upper soil horizons were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. It is established that the relatively low overall level of their pollution is determined by the joint contribution of natural and anthropogenic factors. To assess the degree of health safety of city dwellers, the obtained data on the content of HMs in soils were compared with the existing sanitary-and-hygienic regulations of MAC and APC, as well as with their Clarke upper crust and in the soils of other cities. In terms of bulk composition, the priority soil pollutants include, first of all, Zn, and As. According to the degree of mobility, Zn and Mn in the Podzols Technic, and Ba and Pb in the Urbic Technosols of the industrial zone, are considered hazardous pollutants that easily migrate to adjacent environments and along food chains. To take into account regional features when assessing the degree of anthropogenic pollution of the studied soils, the data on the content of total and mobile forms of HMs were compared with their back-

ground concentrations. It is shown that in comparison with background soils, the total contents of HMs is increased in urban soils, especially in their urban counterparts (Podzols) and Urbic Technosols of industrial zone – the total pollution corresponds to a moderately dangerous level. An increase in the mobility of TM in Urbic Technosols of the city relative to the conventional background and its decrease in urban Podzols relative to the natural background is noted.

Keywords: environmental monitoring, urban soils, heavy metals, soil pollution.

Высокая степень техногенной нагрузки на современные урбоэкосистемы определяет важность изучения свойств и экологического состояния городских почв, играющих важную роль в аккумуляции и инактивации поллютантов техногенной природы [1]. В связи с этим особое внимание при исследовании городских почв уделяют определению уровня и характера их загрязнения тяжёлыми металлами (ТМ) [2, 3]. В настоящее время накоплен значительный массив данных о специфике формирования и характере антропогенной трансформации почв в городах, находящихся в различных физико-географических условиях, характеризующихся разной специализацией промышленного производства и разным уровнем техногенного воздействия на урбосреду. Интерес к данной проблеме одинаково высок как в России [4–6], так и за рубежом [7–9]. Однако в Республике Коми (РК), где 78,8% населения сосредоточено в городах, такие исследования единичны [5, 10].

Цель данной работы – выявить особенности распределения и концентрирования тяжёлых металлов в почвах города Ухта, оценить степень их антропогенного загрязнения.

Объекты и методы исследований

Для выявления специфики и закономерностей загрязнения почв г. Ухта, в августе 2017 г. проведён отбор проб почв в 22 точках наблюдений (т. н.), соответствующих разным функциональным зонам города: ПЗ (промышленная зона) – 7 т. н., ТЗ (транспортная) – 10 т. н., РЗ (рекреационная) – 5 т. н. Диагностику и идентификацию почв проводили в соответствии с таксономией городских почв [11] и системой мировой базы почвенных ресурсов [12]. Почвы отбирали методом конверта в соответствии с рекомендациями [13]. Анализировали смешанные образцы, составленные из 5 индивидуальных проб.

Образцы почв исследовали на содержание 11 тяжёлых металлов (Zn, Cd, Cu, Co, Ni, Fe, Mn, Cr, Mo, V, Sr), трёх сверхтяжёлых (Pb, Hg, Ba) и одного тяжёлого металлоида (As). Содержание валовых и подвижных форм ТМ определяли в экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборах Spectro Cyros CCD и Spectro Arcos в соответствии с [14, 15]. Обменную кислотность (pH_{KCl}) почв определяли потенциометрически, содержание углерода органического ($C_{орг.}$) – методом И.В. Тюрина с фотометрическим окончанием.

С целью выявления особенностей и уровня загрязнения почв полученные данные о содержании ТМ в почвах г. Ухта сравнивали с их кларками в верхней части земной коры [16] и почвах городов [1], для оценки степени безопасности (опасности) для здоровья горожан – с существующими санитарно-гигиеническими нормативами ПДК и ОДК [17]. В качестве условного фона для искусственных почвоподобных тел, преобладающих в границах жилой застройки города (технозёмы, 17 т. н.), использовали данные о содержании ТМ в аналогичных по механическому составу искусственных почвах, расположенных в одном из парков г. Ухта, степень озеленения которого составляет более 70% (площадь парка 15,8 га). Природным фоном для наименее антропогенно изменённых почв города (подзолы иллювиально-железистые с урбаногенными признаками, 4 т. н.) послужили почвы сосняков беломошно-зеленомошных – подзолы иллювиально-железистые.

На основании полученных результатов рассчитывали коэффициенты концентрации элементов Kk_i (по формуле 1) и комплексный показатель суммарного загрязнения – $Z_{ст(г)}$ (по формуле 2), учитывающий среднее геометрическое коэффициентов Kk_i и токсичность ТМ [18]:

$$Kk_i = \frac{C_i}{C_{iфон}} \quad (1)$$

где Kk_i – коэффициент концентрации i -ого элемента в почве относительно фона; C_i – фактическое содержание i -ого элемента в почве; $C_{iфон}$ – фоновое содержание i -ого элемента в почве.

$$Z_{ст(г)} = n \cdot [(Kk_1 \cdot K_{T1}) \cdot (Kk_2 \cdot K_{T2}) \cdot \dots \cdot \dots \cdot (Kk_n \cdot K_{Tn})]^{1/n} - (n-1) \quad (2)$$

где $Kk_1 \dots Kk_n$ – коэффициент концентрации i -ого (от 1 до n) элемента относительно фона;

$K_{T_i} \dots K_{T_n}$ – коэффициент токсичности i -ого (от 1 до n) элемента с учётом его класса опасности.

Суммарное загрязнение почв ТМ оценивали в соответствии с предложенной градацией [18]. Статистический анализ полученных данных выполняли в программном пакете Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Город Ухта по численности населения относится к категории средних городов (на 01.01.2020 г. зарегистрировано 93716 человек). Основу его экономики составляют предприятия, занимающиеся транспортировкой нефти и газа, переработкой нефти, производством строительных материалов (щебень, кирпич, железобетонные изделия и др.) и металлических конструкций. На территории города почвенный покров представлен преимущественно маломощными технозёмами песчаного и супесчаного гранулометрического состава, подстилаемыми с глубины 10–20 см щебнисто-гравийным материалом [10]. Для технозёмов характерна нейтральная и слабощелочная реакция: медианное значение (\overline{Me}) показателя pH_{KCl} 7,27 ед., коэффициент вариации (V) – 5,8%. Содержание $C_{орг}$ варьирует от 0,45 до 14,2%. Наиболее богаты органическим веществом почвы газонов ТЗ, при благоустройстве которых вносили торф.

В границах РЗ г. Ухта встречаются антропогенно изменённые аналоги природных почв (подзолы иллювиально-железистые, пойменные почвы, глееподзолистые и др.) разной степени нарушенности. Наименее нарушены почвы парковых зон с участием *Pinus sylvestris* L. – подзолы иллювиально-железистые с урбаногенными признаками. В пределах парковой зоны города на них приходятся максимальные площади. Органогенные горизонты таких почв имеют реакцию среды от сильнокислой до слабокислой (3,6–5,4 ед. рН) и высокое содержание $C_{орг}$ (от 12,8 до 24,1%). В минеральных горизонтах содержание $C_{орг}$ составляет 0,3% и менее, значения pH_{KCl} в подзолистом горизонте варьирует в пределах 3,0–3,5 ед. рН, что характерно для подзолов фоновых территорий [19]. Выделенные на территории РЗ условно фоновые почвы для технозёмов ТЗ и ПЗ имеют значения pH_{KCl} в пределах 5,7 ед. рН.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что в почвах г. Ухта содержание большинства ТМ, для которых установлены нормативы ПДК и ОДК, находится

ниже их уровня или ниже предела обнаружения (табл. 1). С точки зрения санитарно-гигиенической безопасности к числу приоритетных загрязнителей в почвах г. Ухта следует отнести Zn и As. В среднем превышение нормативных показателей по валовому содержанию Zn в почвах РЗ составляет 5,5 ОДК, ПЗ – 1,5 ОДК, концентрация As в почвах ТЗ и ПЗ находится на уровне 1,5–1,6 ПДК. В единичных т. н. ТЗ и ПЗ (технозёмы) отмечено превышение нормативных показателей для Ni на уровне 1,4–1,6 ОДК, Pb – 1,7 ОДК, что свидетельствует о наличии локальных источников загрязнения данными ТМ. По содержанию подвижных форм ТМ приоритетными поллютантами являются Mn и Zn. В почвах РЗ их концентрация в среднем была на уровне 1,9 ПДК_{Mn} и 5,8 ПДК_{Zn}. В почвах ТЗ и ПЗ содержание подвижных форм Mn и Zn находится в пределах 1 ПДК, однако в единичных пробах оно достигает 1,1–1,5 ПДК_{Mn} и 2,4–2,5 ПДК_{Zn}. В некоторых образцах также было выявлено повышенное содержание Pb, превышающее ПДК в 1,2–4,0 раза.

В почвах РЗ г. Ухта глобальный геохимический фон (ГГХФ) [16] превышен по содержанию Cd в среднем в 3 раза, в отдельных т. н. отмечено превышение ГГХФ по содержанию Zn (в 1,7–13,3 раза) и Hg (в 1,1–1,4 раза), в одной пробе содержание Ba находилось на уровне ГГХФ. Для технозёмов выявлено превышение ГГХФ для Cd в среднем в 2,7 (ТЗ) – 3,4 (ПЗ) раза, в нескольких т. н. – для Zn (в 1,1–2,6 раза) и Pb (1,2–3,2 раза), в одной пробе концентрация Cu была на уровне ГГХФ.

Сравнение полученных нами данных с кларками ТМ, установленными для почв городов с численностью населения менее 100 тыс. человек [1], выявило превышение в некоторых образцах почв, отобранных на территории РЗ г. Ухта, содержания Zn (в 1,4–10,8 раза) и Mn (в 1,4 раза). Для технозёмов ТЗ и ПЗ в трёх пробах отмечено превышение содержания Zn (в 1,0–2,2 раза), в двух пробах – Ni (в 1,5–1,7 раза), в одной пробе – Pb (в 1,4 раза).

Как для валовых, так и для подвижных форм ТМ выявлено значительное пространственное варьирование их концентраций в почвах г. Ухта (табл. 1). Почвы функциональных зон города имеют определённые отличия по этим показателям, что может быть обусловлено характером антропогенного (техногенного) воздействия. В частности, в РЗ наиболее неоднородны почвы по содержанию Zn, Ba (валовые и подвижные формы) и Fe (подвижные

Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почвах города Ухта (мг/кг) / The content of heavy metals and arsenic in the soils of the Ukhta city (mg/kg)

Элемент Element	Форма Fractions	Технозоёмы (0–10 см) Urbic Technosols (0–10 cm)		Подзолы с урбаногенными признаками (горизонт O) Podzols Technic (horizon O)		ПДК / ОДК MAC / APC	Кларк в.ч.з.к. Clarke upper crust	Кларк городских почв*** Clark urban soils***	Условный фон (0–10 см) Conditional background (0–10 cm)	Природный фон (горизонт O) Natural background (horizon O)
		$\bar{X} \pm \Delta$ мг/кг / mg/kg	V / CV %	$\bar{X} \pm \Delta$ мг/кг / mg/kg	V / CV %					
Zn	1	61±20	71,8	301±745	155,7	55 (220)*	75	92,4	30,4	22,73
	2	15±7	100,4	134±357	167,0	23**	–	–	4,9	8,23
Cd	1	0,28±0,04	30,1	0,27±0,14	34,1	0,5 (2)	0,09	1,4	0,26	0,13
	2	< ПО / < LOD	–	< ПО / < LOD	–	–	–	–	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD
Cu	1	13,5±2,9	45,2	7±4	32,5	33 (132)	27	28,2	5,14	2,73
	2	0,8±0,3	80,9	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD	3	–	–	0,4	< ПО / < LOD
Co	1	3,2±0,3	22,2	1,4±0,6	27,9	–	15	14,6	2,42	0,39
	2	0,57±0,08	30,6	0,25±0,18	45,5	5	–	–	0,4	0,08
Ni	1	14,3±2,6	38,2	4,7±2,5	33,5	20 (80)	50	18,4	8,68	2,48
	2	0,80±0,25	67,2	0,4±0,11	16,9	4	–	–	0,4	0,19
Fe	1	9751 ± 1658	36,4	3400±1330	24,6	–	40600	26570	8780	1502,5
	2	76±51	144,9	14±17	76,8	–	–	–	16,5	15,1
Mn	1	237±32	28,8	370±312	53,0	1500	770	457,5	372	243,5
	2	93±12	27,3	191,75±146	47,9	100	–	–	93	117,25
Cr	1	11,5±1,6	29,5	5,83±3	36,4	–	92	81,5	7,3	3,83
	2	0,31±0,08	56,9	0,17±0,04	15,1	–	–	–	0,2	0,12
Mo	1	< ПО / < LOD	–	< ПО / < LOD	–	–	1,1	2,6	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD
	2	< ПО / < LOD	–	< ПО / < LOD	–	–	–	–	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD
V	1	17,1±2,1	26,3	10,43 ± 3	19,6	150	106	104,1	19,6	4,95
	2	< ПО / < LOD	–	< ПО / < LOD	–	–	–	–	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD
Sr	1	43,3±9	42,4	18,25 ± 8	27,3	–	270	324,5	12,2	7,65
	2	< ПО / < LOD	–	< ПО / < LOD	–	–	–	–	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD
Pb	1	13±5	88,2	13,5±2,8	12,8	32 (130)	17	39,5	6	9,7
	2	4,0±2,6	140	4,5±2,9	40,7	6	–	–	0,66	3,88
Hg	1	0,03±0,01	80,8	0,07±0,02	20,2	2,1	0,065	0,88	0,02	0,04
	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ba	1	62±17	59,7	275±436	99,8	–	628	980,4	42,6	34,5
	2	19±3	35,8	30,5±37,0	76,5	–	–	–	16,1	12,6
As	1	3,2±0,4	25,2	0,95±0,30	21,9	2 (10)	5,6	15,0	2,58	0,44
	2	< ПО / < LOD	–	< ПО / < LOD	–	–	–	–	< ПО / < LOD	< ПО / < LOD

Примечание: 1 – валовые формы; 2 – подвижные формы; $\bar{X} \pm \Delta$ – средние арифметическое ± доверительный интервал для $P = 0,95$; V – коэффициент вариации; < ПО – ниже предела обнаружения; * ориентировочно допустимые концентрации элементов для песчаных почв (для суглинистых почв с нейтральной реакцией среды) [16]; ** предельно допустимые концентрации элементов для почв [17]; «–» – данные отсутствуют; Кларк в.ч.з.к. – Кларк верхней части земной коры [14]; *** для городов с населением менее 100 тыс. человек [15] / Note: 1 – gross forms; 2 – movable forms; $\bar{X} \pm \Delta$ – arithmetic mean for the sample ± confidence interval for $P = 0,95$; CV – the coefficient of variation; < LOD – lower limit of detection; * approximate permissible concentrations of elements for sandy soils (for loamy soils with a neutral reaction) [16]; ** maximum allowed concentrations of elements for soil [17]; “–” – indicates no data; Clarke upper crust [14]; *** for towns with a population of less than 100 thousand [15].

формы), почвы ТЗ и ПЗ – по содержанию Pb, Hg, Zn (валовые формы) и Fe, Pb, Zn, Cu (подвижные формы). Более однородным распределением валового содержания в почвах РЗ характеризуются Pb и V, подвижных форм – Ni и Cr, в технозёмах ТЗ и ПЗ – As, Co, V (валовые формы) и Mn (подвижные формы).

Большинство ТМ аккумулируется в почвах ТЗ и ПЗ (табл. 2). Исключением являются такие элементы, как Zn, Mn, Ba и Hg, валовое содержание которых выше в почвах РЗ. Это может быть обусловлено как геохимическими особенностями района исследования, для которого характерно повышенное содержание в почвах Mn (до 1100 мг/кг) и Hg (до 0,3 и более мг/кг) [19, 20], так и возможным поступлением ТМ от имеющихся локальных источников загрязнения.

Почвенный покров г. Ухта характеризуется разной степенью подвижности ТМ. В технозёмах ПЗ отмечена высокая доля подвижных форм Mn (24–53%), Ba (15–42%), Pb (13–95%), Co (17–24%) относительно их валового содержания. В подзолах иллювиально-железистых, приуроченных к территориям городских лесных массивов, наблюдается обратная тенденция – снижение подвижности таких элементов, как Ba (в 3,6 раза), Fe (в 2,7 раза), Pb (в 1,4 раза) и Co (в 1,4 раза) по сравнению с фоновыми почвами. Это может быть обусловлено менее кислой реакцией сре-

ды в почвах городских парков по сравнению с природными почвами: величина рН в них в среднем выше на 1,2–1,4 ед. Значительная подвижность ТМ в почвах ПЗ по сравнению с аналогичными почвами других функциональных зон города связана с повышенной техногенной нагрузкой, а также с их низкой буферностью (содержание органического вещества в них в среднем в 1,8 раза ниже по сравнению с почвами ТЗ).

В почвах РЗ валовое содержание ТМ выше по сравнению с почвами фоновых территорий – значение Kk_i (медиана) варьирует для отдельных элементов от 1,4 до 5,7. Самые высокие значения Kk_i отмечены для Ba, Zn, Co и Sr, самые низкие – для Pb, Mn и Cr. Показатели Kk_i , рассчитанные для технозёмов, ниже – они варьируют от 0,6 до 3,5. В технозёмах валовое содержание таких элементов, как Cd, V и Mn, не превышает соответствующие показатели условно фоновых почв, в то время как для таких элементов, как Sr и Cu получены максимальные значения Kk_i (3,5 и 2,5 соответственно). Содержание подвижных форм ТМ также превышает фоновые показатели, только концентрации Fe и Pb (в подзолах городских парков) и Mn (в насыпных грунтах ТЗ и ПЗ) ниже фоновых значений. Максимальные значения Kk_i отмечены в почвах РЗ для Zn (3,5) и Co (2,5), в ТЗ и ПЗ – для Pb (2,6), Fe (2,3) и Zn (2,0).

Таблица 2 / Table 2

Валовое содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почвах различных функциональных зон города Ухта, ($\bar{X} \pm \Delta$) мг/кг
The gross content of heavy metals and arsenic in the soils of various functional zones of Ukhta city, ($\bar{X} \pm \Delta$) mg/kg

Элемент Element	Функциональная зона города / Functional zone of city		
	транспортная зона transport zone	промышленная зона industrial zone	рекреационная зона recreational zone
Fe	9144±1083	10829±5373	3400±1330
Mn	233±43	226±68	370±312
Zn	51±13	83±62	301±745
Ba	49±7	87±51	275±436
Sr	46±6	50±23	18±8
Cu	13±3	16±8	7±3
Pb	8,7±2,2	20±16	13,5±2,8
Ni	15±4	14±5	4,7±2,5
Cr	11,3±2,3	12±4	6±3
V	15,4±1,8	18±6	10±3
Co	3,1±0,4	3,2±0,8	1,4±0,6
As	3,5±0,6	3,1±0,7	1,0±0,3
Cd	0,25±0,03	0,31±0,12	0,27±0,14
Hg	0,02±0,01	0,04±0,03	0,07±0,02

Примечание: $\bar{X} \pm \Delta$ – среднее арифметическое ± доверительный интервал для $P = 0,95$.

Note: $\bar{X} \pm \Delta$ – arithmetic mean for the sample ± confidence interval for $P = 0.95$.

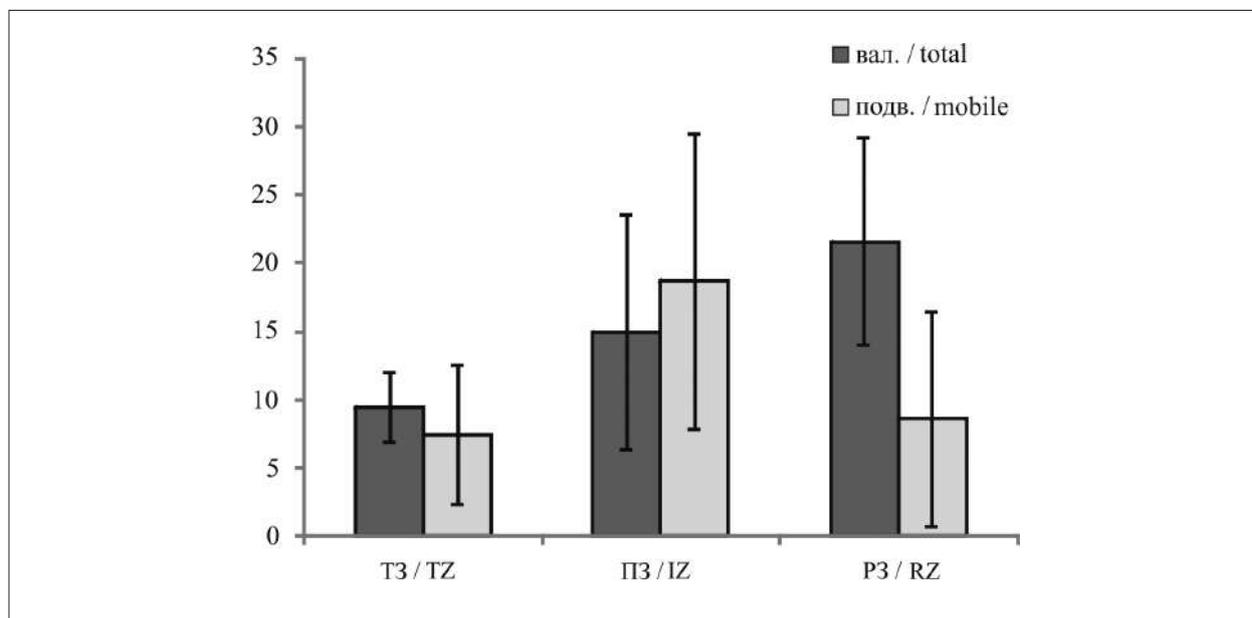


Рис. Комплексный показатель загрязнения почв $Z_{ct(g)}$ тяжёлыми металлами, рассчитанный по валовому содержанию ($Z_{ct(g) \text{ вал.}}$) и по содержанию подвижных форм ($Z_{ct(g) \text{ подв.}}$) для верхнего горизонта (0–10 см, O) почв разных функциональных зон г. Ухта: ТЗ – транспортная, ПЗ – промышленная, РЗ – рекреационная. Планками погрешности показано стандартное квадратичное отклонение для $P = 0,95$
Fig. The ecological index of the total contamination of soil by heavy metals $Z_{ct(g)}$, calculated from the total content ($Z_{ct(g) \text{ total}}$) and by the content of mobile forms ($Z_{ct(g) \text{ mobile}}$) for the upper horizon (0–10 cm, O) of soils of different functional zones of Ukhta city: TZ – transport zone, IZ – industrial zone, RZ – recreation zone. The error bar indicates the boundaries of the standard square deviation for $P = 0.95$

Расчёт комплексного показателя суммарного загрязнения почв ТМ (рис.) свидетельствует о том, что все исследованные грунты ТЗ относятся к категории не опасно загрязнённых: $Z_{ct(r)}$, рассчитанный по данным валового содержания, равен $9,5 \pm 1,8$, по содержанию подвижных форм – 6 ± 4 . Состояние технозёмов ПЗ соответствует умеренно-опасному уровню загрязнения: $Z_{ct(r)}$ соответственно 19 ± 8 и 21 ± 10 . Почвы РЗ занимают своеобразное положение в этом ряду: по содержанию валовых форм ТМ они попадают в категорию умеренно-опасных ($Z_{ct(r)} = 21 \pm 12$), подвижных форм ТМ – не опасного загрязнения ($Z_{ct(r)} = 6 \pm 13$). Для сравнения, в одном из промышленных городов Республики Коми – г. Воркута, в котором техногенная нагрузка на урбосреду связана с угледобычей, аэротехногенным воздействием продуктов горения терриконов, производством цемента и работой ТЭЦ, верхние горизонты почв в пределах городской черты относятся к опасной и чрезвычайно опасной категории земель [5].

Заключение

Впервые проведено исследование уровня и особенностей загрязнения тяжёлыми металлами почв одного из промышленных городов

Республики Коми – г. Ухта. Установлено, что для г. Ухта характерен относительно невысокий уровень загрязнения почв отдельными ТМ. Их содержание отличается пространственной неоднородностью распределения, что указывает на локальный характер загрязнения. Расчёт коэффициентов концентрации элементов свидетельствует о существенном вкладе антропогенного (техногенного) фактора в общий уровень содержания ТМ в почвах города. В верхних горизонтах почв рекреационной зоны (подзолы иллювиально-железистые с урбаногенными признаками) интенсивно аккумулируются Ba, Zn, Co и Sr, в технозёмах транспортной зоны – Sr и Cu, промышленной зоны – Sr, Cu, Ba и Pb. В почвах рекреационной зоны тенденция к аккумуляции некоторых элементов (Ba, Co, Fe) может быть обусловлена снижением их подвижности в результате нейтрализации кислотности почв в условиях урбосреды.

Приоритетными загрязнителями почв города Ухта, с точки зрения санитарно-гигиенической безопасности, являются в первую очередь Zn и As. К числу опасных поллютантов, легко мигрирующих в сопредельные среды и поступающих в трофические цепи [21], целесообразно отнести в рекреационной зоне города Zn и Mn, в промышленной зоне – Mn, Ba и Pb, в транспортной зоне – Mn и Ba.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (AAAA-A17-117122290011-5).

References

1. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Chemical elements in urban soils. Moskva: Logos, 2014. 312 p. (in Russian).
2. Vodyanitskiy Yu.N., Ladonin D.V., Savichev A.T. Soil contamination with heavy metals. Moskva: Moscow State University, 2012. 304 p. (in Russian).
3. 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. V. 48. No. 5. P. 476–492. doi: 10.1134/S1064229315050038
4. Ladonin D.V., Mikhaylova A.P. Heavy metals and arsenic in soils and street dust of the Southeastern administrative district of Moscow: Long-Term Data // Eurasian Soil Science. 2020. V. 53. No 11. P. 1635–1644. doi: 10.1134/S1064229320110095
5. Dymov A.A., Kaverin D.A., Gabov D.N. Properties of soils and soil-like bodies in the Vorkuta Area // Eurasian Soil Science. 2013. V. 46. No. 2. P. 217–224. doi: 10.1134/S1064229313020038
6. Trifonova T.A., Podolets A.A., Selivanov O.G., Martsev A.A., Podolets A.A. Assessment of soil pollution in recreational areas of an industrial city with compounds of heavy metals and arsenic // Theoretical and Applied Ecology. 2018. No. 2. P. 94–101. doi: 10.25750/1995-4304-2018-2-094-101/1
7. Van De Vijver E., Delbecque N., Verdoodt A., Seuntjens P. Estimating the urban soil information gap using exhaustive land cover data: the example of Flanders, Belgium // Geoderma. 2020. V. 372. Article No. 114371. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114371
8. Hulisz P., Charzyński P., Greinert A. Urban soil resources of medium-sized cities in Poland: a comparative case study of Toruń and Zielona Góra // Soils Sediments. 2018. V. 18. P. 358–372. doi: 10.1007/s11368-016-1596-x
9. Schad P. Technosols in the world reference base for soil resources – history and definitions // Soil Science and Plant Nutrition. 2018. V. 64. No. 2. P. 138–144. doi: 10.1080/00380768.2018.1432973
10. Kryazheva E.Yu., Lapteva E.M., Perminova E.M., Zakharov N.E. Catalase activity of soils in industrial cities of the North (on the example of Ukhta in the Komi Republic) // Problems of Regional Ecology. 2020. No. 2. P. 115–121 (in Russian). doi: 10.24411/1728-323X-2020-12115
11. Prokof'eva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Bakhmatova K.A., Matinyan N.N., Gol'eva A.A., Zharikova E.A., Nakvasina E.N., Sivtseva N.E. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system // Eurasian Soil Science. 2014. V. 47. No. 10. P. 959–967. doi: 10.1134/S1064229314100093
12. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.
13. Fedorets N.G., Medvedeva M.V. Methodology for the study of soils in urbanized areas. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of the RAS, 2009. 84 p. (in Russian).
14. PND F 16.1:2.3:3.11-98. Quantitative chemical analysis of soils. Method for measuring the content of metals in solid objects by inductively coupled plasma spectrometry. Enter 25-06-1998. [Internet resource] <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293777/4293777593> (Accessed: 05.04.2020) (in Russian).
15. PND F16.1:2.3:3.50-08. Quantitative chemical analysis of soils. Methods for measuring the mass fractions of mobile forms of metals (zinc, copper, nickel, manganese, lead, cadmium, chromium, iron, aluminum, titanium, cobalt, arsenic, vanadium) in soils, waste, composts, cakes, wastewater sludge atomic emission method with atomization in inductively coupled argon plasma. Moskva, 2008. 16 p.
16. Kasimov N.S., Vlasov D.V. Clarkes of chemical elements as reference standards in ecogeochemistry // Moscow University Bulletin. Series 5. Geography. 2015. No. 2. P. 7–17 (in Russian).
17. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans [Internet resource] <https://docs.cntd.ru/document/573500115?marker=656010> (Accessed: 01.03.2021) (in Russian).
18. Vodyanitskiy Yu.N. Equations for assessing the total contamination of soils with heavy metals and metalloids // Eurasian Soil Science. 2010. V. 43. No. 10. P. 1184–1188. doi: 10.1134/S106422931010011X
19. Atlas of soils of the Komi Republic / Ed. G.V. Dobrovolsky. Syktyvkar, 2010. 356 p. (in Russian).
20. Vasilevich R.S., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M. Mercury in environmental objects of background and technogenic territories // News of higher educational institutions. Oil and Gas. 2009. No. 3. P. 116–122 (in Russian).
21. Ghrefat H.A., Yusuf N., Jamarh A., Nazzal J. Fractionation and risk assessment of heavy metals in soil samples collected along Zerqa River, Jordan // Environmental Earth Sciences. 2012. V. 66. P. 199–208. doi: 10.1007/s12665-011-1222-6