

УДК 504.5:631.4

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

С. Г. Новиков

Институт леса Карельского научного центра РАН

В ходе проведенных исследований на территории города Петрозаводска выделены основные категории землепользования. Определено содержание тяжелых металлов (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) в почвенных образцах, отобранных на землях различного пользования. Из спектра изученных поллютантов выделен основной загрязнитель. Дана характеристика среднего содержания тяжелых металлов в почвах Петрозаводска. Определен уровень и дана экологическая оценка загрязнения городских почв по комплексному показателю суммарного загрязнения Zc.

Ключевые слова: городские почвы, тяжелые металлы, валовое содержание, уровень загрязнения.

S. G. Novikov. ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN SOILS OF DIFFERENT LAND USE TYPES IN PETROZAVODSK

The main types of urban land use within the city of Petrozavodsk were identified in the present study. The concentrations of heavy metals (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) were determined in the soil samples collected from different land use types. The main pollutant among the studied ones was distinguished. The average values of heavy metal content in the soils of Petrozavodsk were calculated. Pollution level and environmental impact were evaluated by the integrated pollution index Zc.

Keywords: urban soils, heavy metals, total concentration, level of pollution.

Введение

В условиях урбанизации почвы находятся под воздействием антропогенного пресса, в результате чего они подвержены риску загрязнения, прежде всего – тяжелыми металлами.

Многие тяжелые металлы необходимы для живых организмов, так как активно участвуют в биохимических процессах, однако при избыточном накоплении в почве проявляют свои токсические свойства. Такая опасность всегда

существует на урбанизированной территории, где развита промышленность и высока интенсивность автомобильного движения. В связи с этим необходима организация контроля за поступлением тяжелых металлов в окружающую среду и содержанием их в почве. В настоящее время достаточно подробно изучены процессы накопления, трансформации и динамики соединений тяжелых металлов в естественных почвах Карелии [Федорец и др., 2008].

Цель наших исследований – оценка уровня загрязнения тяжелыми металлами (Pb, Cr, Cu,

Co, Ni, Mn, Zn) почв различных категорий землепользования на территории г. Петрозаводска.

Для достижения данной цели решались следующие задачи:

- выделить основные категории землепользования на территории города;
- установить средние показатели содержания тяжелых металлов в почвах г. Петрозаводска;
- дать характеристику распределения тяжелых металлов на территории города;
- оценить экологическое состояние почв г. Петрозаводска по комплексному показателю суммарного загрязнения Zc.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись антропогенно измененные почвы города Петрозаводска, а также почвы пригородных лесов. На изучаемой территории отобрали 96 смешанных почвенных проб. Для наиболее репрезентативного отбора образцов на карту города нанесли сетку с размером ячеек 1 км², которая служила лишь ориентировочными границами, чтобы с 1 км² был отобран как минимум один почвенный образец. Отбор почвенных проб осуществлялся из верхнего десятисантиметрового слоя с площадок 10×10 м, по «конверту», т. е. каждая проба состояла из почвы, отобранной по углам и в центре. Непосредственно выбор мест опробования проводился при выполнении полевых работ с учетом рекомендаций [Стурман, 2003], а именно:

- характерные точки в замкнутых и полузамкнутых пространствах дворов, в скверах и на газонах;
- места с наиболее высокой вероятностью нахождения опасных веществ: несанкционированные свалки, места расположения опасных объектов, в том числе в прошлом;
- места наиболее вероятного поступления токсикантов из почв в организм человека, т. е. игровые площадки в детских дошкольных учреждениях и во дворах, спортплощадки и школьные стадионы, рекреационные зоны.

Каждая пробная площадка имела координаты, установленные при помощи GPS. Валовое содержание тяжелых металлов (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) определяли в ЦКП «Аналитическая лаборатория» Института леса КарНЦ РАН методом атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрофотометр AA-7000, «Shimadzu», Япония).

Для составления тематических карт пространственного распределения тяжелых металлов в почве и по показателю суммарного

загрязнения Zc проводили интерполяцию полученных данных при помощи программного пакета ArcGIS ArcMap методом кригинга (Kriging). Это улучшенный геостатистический метод, который позволяет строить предполагаемую поверхность из набора точек с z-значениями. Существует несколько разновидностей выбранного метода, в данном случае использовали ординарный кригинг.

Для статистической обработки данных применяли программный пакет Statistica 6.

Расчет комплексного показателя суммарного загрязнения Zc производили с учетом среднего геометрического коэффициентов концентрации и коэффициентов токсичности тяжелых металлов [Водяницкий, 2010]:

$$Zc = n \times [(Kk_1 \times Kt_1)(Kk_2 \times Kt_2) \times \dots (Kk_n \times Kt_n)]^{1/n} - (n - 1),$$

где Kk_n – коэффициент концентрации поллютанта, Kt_n – коэффициент токсичности поллютанта.

Коэффициент концентрации поллютанта Kk рассчитывали по формуле:

$$Kk_i = C_i / C_{иф},$$

где C_i – фактическое содержание поллютанта, $C_{иф}$ – фоновое содержание поллютанта.

Важно отметить, что при расчете показателя Zc учитывались только коэффициенты концентрации > 1, так как учет элементов со значением $Kk_i < 1$ противоречит понятию загрязнения [Выборов и др., 2004].

Значения коэффициентов токсичности элементов представлены в таблице 1 [Водяницкий, 2008].

Таблица 1. Классы опасности тяжелых металлов и металлоидов и коэффициенты токсичности Kt

Класс опасности	Kt	Химические элементы
1	1,5	Pb, Zn, Ni, Cr, As, Cd, Hg, Se
2	1,0	Co, Cu, Mo, B, Sb
3	0,5	Mn, Ba, W, V, Sr

Для сравнения загрязнения урбанизированной территории с естественными почвами в качестве регионального фонового показателя использовали среднее содержание тяжелых металлов в минеральных подподстилочных горизонтах почв Карелии [Федорец и др., 2008]. Кроме того, приведены уровни предельно допустимых концентраций (ПДК) валового содержания тяжелых металлов в почве [Рэуце, Кырста, 1986; Гигиенические нормативы..., 2006].

Результаты и обсуждение

В ходе исследования на территории города Петрозаводска выделены следующие катего-

Таблица 2. Описательная статистика по содержанию тяжелых металлов в почвах города Петрозаводска (n = 96 смешанных почвенных проб)

Элемент (ПДК для почв, мг/кг)	Среднее арифмети- ческое	Среднее геометри- ческое	Медиана	Мин. значение	Макс. значение	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка	Коэффициент вариации, %
Pb (32)	35,3	23,0	19,9	2,5	441,8	14,8	28,9	54,1	5,5	153
Cu (100)	35,4	29,1	29,2	8,0	186,7	19,2	44,9	25,9	2,6	73
Zn (300)	69,8	63,5	69,8	18,6	136,4	48,8	88,7	28,7	2,9	41
Ni (50)	25,9	23,1	22,8	5,4	122,2	18,4	30,5	14,6	1,5	56
Co (50)	10,6	9,8	9,8	3,9	32,9	7,5	12,7	4,6	0,5	43
Cr (100)	29,9	27,4	29,3	7,2	79,0	21,2	36,1	12,5	1,3	42
Mn (1500)	819,4	721,6	718,8	268,9	4349,6	521,6	918,8	521,0	53,2	64

рии землепользования в соответствии с рекомендациями [Почва..., 1997]:

- земли городской и сельской застройки – жилая часть (внутридворовые пространства, скверы, детские сады, школы и т. д.);
- земли общего пользования – промышленная зона (заводы, автохозяйства, ТЭЦ, склады, АЗС, крупные автодороги, аэропорты, железные дороги и т. д.);
- земли природно-рекреационной зоны (городские леса, лесопарки, парки, бульвары, скверы и т. д.);
- земли резерва (пустыри, свалки, карьеры).

Данные по содержанию тяжелых металлов не подчиняются закону нормального распределения, в связи с чем среднее арифметическое сильно зависит от небольшого числа образцов с максимально высокими значениями. В таких случаях более надежным и правильным будет использование среднего геометрического для оценки содержания элементов в почве [Shacklette, Boerngen, 1984; Kabala et al., 2009].

Описательная статистика по содержанию тяжелых металлов представлена в таблице 2. Важно отметить, что коэффициент корреляции по содержанию всех исследуемых тяжелых металлов > 33 %; это говорит о крайней неоднородности распределения элементов по территории города.

Среднее содержание **свинца** в почвах города составляет 35,3 мг/кг, что незначительно превышает ПДК (32 мг/кг) для почв, но в два раза выше регионального фона, составляющего 15,5 мг/кг [Федорец и др., 2008]. Рассчитанное нами среднее геометрическое значение содержания свинца в почвах Петрозаводска составляет 23 мг/кг, что близко к региональному фоновому показателю и значительно ниже ПДК. В 22 % от общего числа смешанных почвенных проб показатель содержания свинца в почве превышает ПДК. Проведенные исследования показали, что наиболее высокое загрязнение почв свинцом выявлено на землях категории общего пользования (до 170,3 мг/кг) и городской застройки (до 441,8 мг/кг), прилегающих к промышленным предприятиям, крупным автодорогам и автогаражам. Наименьшие показатели характерны для почв земель резерва (до 22,3 мг/кг) ввиду удаленности от центральных районов города. Также невысокие значения характерны для земель природно-рекреационной зоны, особенно для пробных площадей, расположенных в пригородных лесах. Здесь содержание свинца превысило ПДК (32 мг/кг) лишь в одном почвенном образце, отобранном на территории небольшой несанкционированной свалки (53,8 мг/кг). Важно отметить, что

высокие показатели отмечены в зеленой зоне центральной части города (102 мг/кг) и искусственно созданном парке «Ямка» (202,8 мг/кг). Для содержания свинца в почвах города получен наиболее высокий коэффициент вариации – 153 %, что говорит о самом большом разбросе данных и наличии отдельных точек с экстремально высокими показателями по отношению ко всему набору данных.

Содержание **цинка** в городских почвах несколько завышено по отношению к региональному фону (37,2 мг/кг), среднее значение – 69,9 мг/кг, но не превышает ПДК (300 мг/кг). Среднее геометрическое значение – 63,5 мг/кг. Прослеживается небольшое накопление цинка на урбанизированной территории и снижение его концентрации при удалении от центральных районов. Максимальное значение – 136,5 мг/кг, отмечено на землях городской застройки во дворах жилых домов, минимальное значение – 18,6 мг/кг, зафиксировано в пригородных лесах вблизи коттеджных новостроек. В целом почвы города не загрязнены цинком.

В почвах центральной и южной частей города, включая пригородные леса, а также промышленных зон города проявляется тенденция к накоплению **никеля**. Среднее значение его концентрации в почвах города – 25,9 мг/кг и находится в пределах регионального фона 27,5 мг/кг. Среднее геометрическое – 23,1 мг/кг, что также ниже уровня фона. Содержание данного элемента в почвах большей части смешанных проб (75 %) ниже уровня ПДК (50 мг/кг) независимо от категории землепользования. Значения, превышающие ПДК, зафиксированы на землях общего пользования (до 122,2 мг/кг), а также в одном образце, отобранном на территории пригородных лесов в районе несанкционированной свалки бытового мусора – 53,6 мг/кг. На землях категории городской, сельской застройки и землях резерва не зафиксировано значений выше ПДК (50 мг/кг).

Содержание **хрома** в почвах города Петрозаводска варьирует от 7,2 до 79 мг/кг, что не превышает уровень ПДК (100 мг/кг). Среднее значение содержания хрома в почвах города – 29,9 мг/кг, в три раза меньше ПДК. Среднее геометрическое – 27,4 мг/кг. Оба показателя ниже регионального фонового значения 47,3 мг/кг. Повышенные показатели относительно регионального фона отмечены в небольшом количестве образцов (< 25 %), отобранных на землях категории общего пользования, городской застройки и природно-рекреационной зоны. В целом можно сделать вывод, что почвы Петрозаводска не загрязнены хромом.

В почвах вблизи промышленных объектов выявлена тенденция к накоплению **меди**. Превышение ПДК (100 мг/кг) зафиксировано в двух смешанных пробах на землях категории общего пользования (186,7 мг/кг). Также следует отметить повышенные показатели по отношению ко всему набору данных в зеленой зоне на территории несанкционированной свалки бытового мусора – 81,9 мг/кг и на территории парка «Ямка» – 85,5 мг/кг. На землях городской застройки концентрация меди не превышает 75 мг/кг. Среднее содержание ее в почвах города Петрозаводска составляет 35,4 мг/кг, что в два раза выше регионального фонового значения 18,5 мг/кг. Среднее геометрическое для концентрации меди в почвах города – 29,1 мг/кг, что также превышает значение фона.

Концентрация **кобальта** в почвах г. Петрозаводска невысока, значения варьируют от 3,9 до 32,9 мг/кг при уровне ПДК 50 мг/кг. Максимальный показатель отмечен на территории несанкционированной свалки в зеленой зоне города между районами Пески и Соломенное – 32,9 мг/кг. Стоит заметить, что кобальт является необходимым элементом для всех живых организмов и чаще в условиях Карелии проявляется его недостаток, чем избыток [Тойкка и др., 1973]. В почве отмечается дефицит кобальта при его содержании менее 5 мг/кг [Федорец и др., 2008]. На территории Петрозаводска выявлен недостаток кобальта на пяти пробных площадях (по одной для каждой категории землепользования). Среднее значение концентрации кобальта в почвах города – 10,6 мг/кг, что близко к региональному фоновому содержанию 11,6 мг/кг. Среднее геометрическое значение – 9,8 мг/кг. Почвы города Петрозаводска не загрязнены кобальтом, в отдельных случаях отмечается его недостаток.

Среднее содержание **марганца** в почвах города составляет 819,4 мг/кг, что в три раза превышает региональный фоновый показатель (282 мг/кг), но находится в пределах ПДК (1500 мг/кг). Среднее геометрическое для концентрации марганца в почвах города – 721,6 мг/кг. Содержание марганца превышает ПДК (1500 мг/кг) в четырех смешанных пробах, отобранных на землях природно-рекреационной зоны (до 4349,6 мг/кг). На территории городской застройки повышенное значение отмечено лишь в одном образце на территории детского сада № 64 – 1815 мг/кг. Повышенное содержание марганца на землях природно-рекреационной зоны связано с тем, что данный элемент является биофильным, принимает участие в окислительно-восстановительных

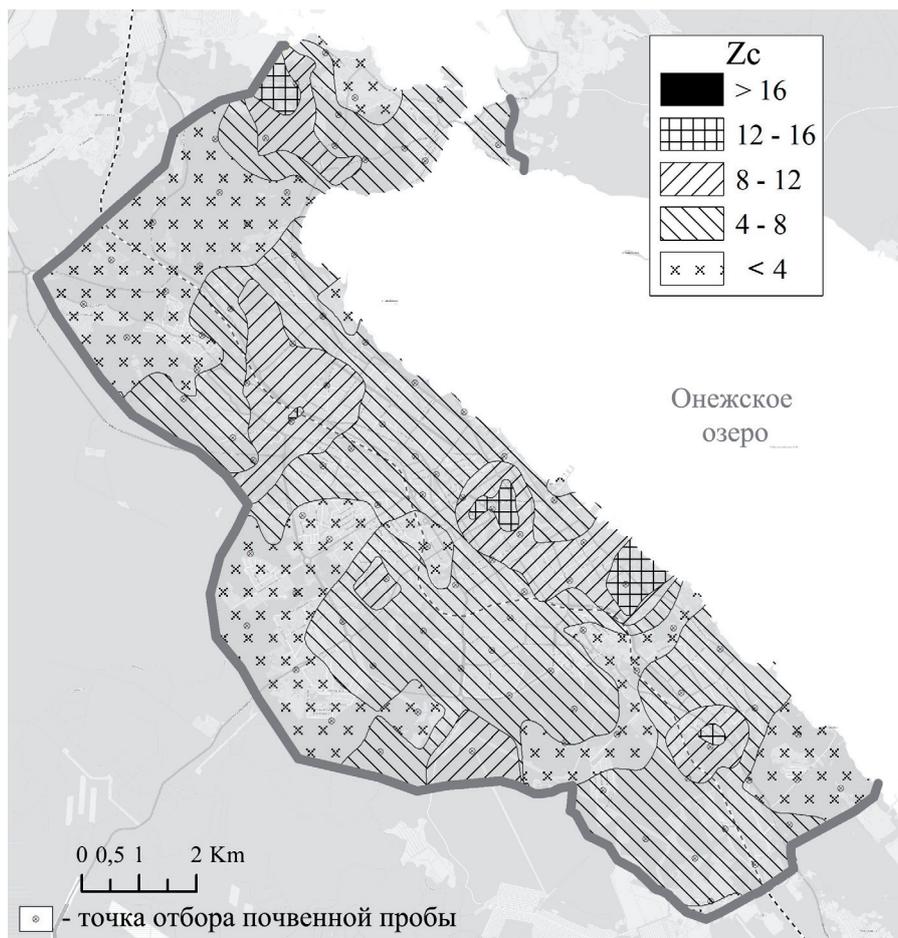


Рис. 1. Картограмма загрязнения почв г. Петрозаводска тяжелыми металлами по показателю Zc

процессах, фотосинтезе, дыхании, углеводном и белковом обмене [Федорец и др., 2008; Yoardar et al., 1991]. В связи с этим происходит его накопление в поверхностных горизонтах, в частности в лесной подстилке, состоящей из растительного опада. Высокие уровни содержания марганца проявляются на территории города локально, что не опасно, так как данный элемент не является токсичным загрязнителем.

На заключительном этапе исследования проведена комплексная оценка загрязнения почв города Петрозаводска тяжелыми металлами (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn). Для каждой пробной площади рассчитан комплексный показатель суммарного загрязнения Zc и по полученным данным построена картограмма (рис. 1). На территории города максимальное значение Zc – 19,4. Согласно существующим нормативам [Гигиеническая оценка..., 1999] при величине суммарного показателя Zc менее 16 почва относится к допустимой категории загрязнения, 16–32 – к умеренно опасной категории загрязнения. В нашем случае превышение порога допустимой категории загрязнения отмечено лишь в од-

ном почвенном образце, поэтому при составлении шкалы для картограммы в качестве верхней границы выбрано значение 16 и использован равномерный шаг – < 4, 4–8, 8–12, 12–16 и > 16.

Пробная площадь с показателем Zc = 19,4 (умеренно опасная категория загрязнения) заложена в городском парке «Ямка». Этот парк (ранее парк Онежского тракторного завода) находится в естественном понижении рельефа между проспектом Карла Маркса и рекой Лососинкой. На берегу реки находится Онежский тракторный завод, функционировавший до 2010 г. Профильная деятельность завода менялась неоднократно: в конце XVIII века здесь располагался Александровский пушечно-литейный завод, который использовал под свалку шлаков площадку, где в настоящее время обустроен парк [Ициксон, Лантратова, 2009].

В остальных случаях комплексный показатель суммарного загрязнения (Zc) находится на уровне допустимой категории загрязнения почв. На диаграмме размаха данных (рис. 2) показано распределение показателя Zc в зависимости от категории землепользования. Медиана по показателю Zc для каждой категории на-

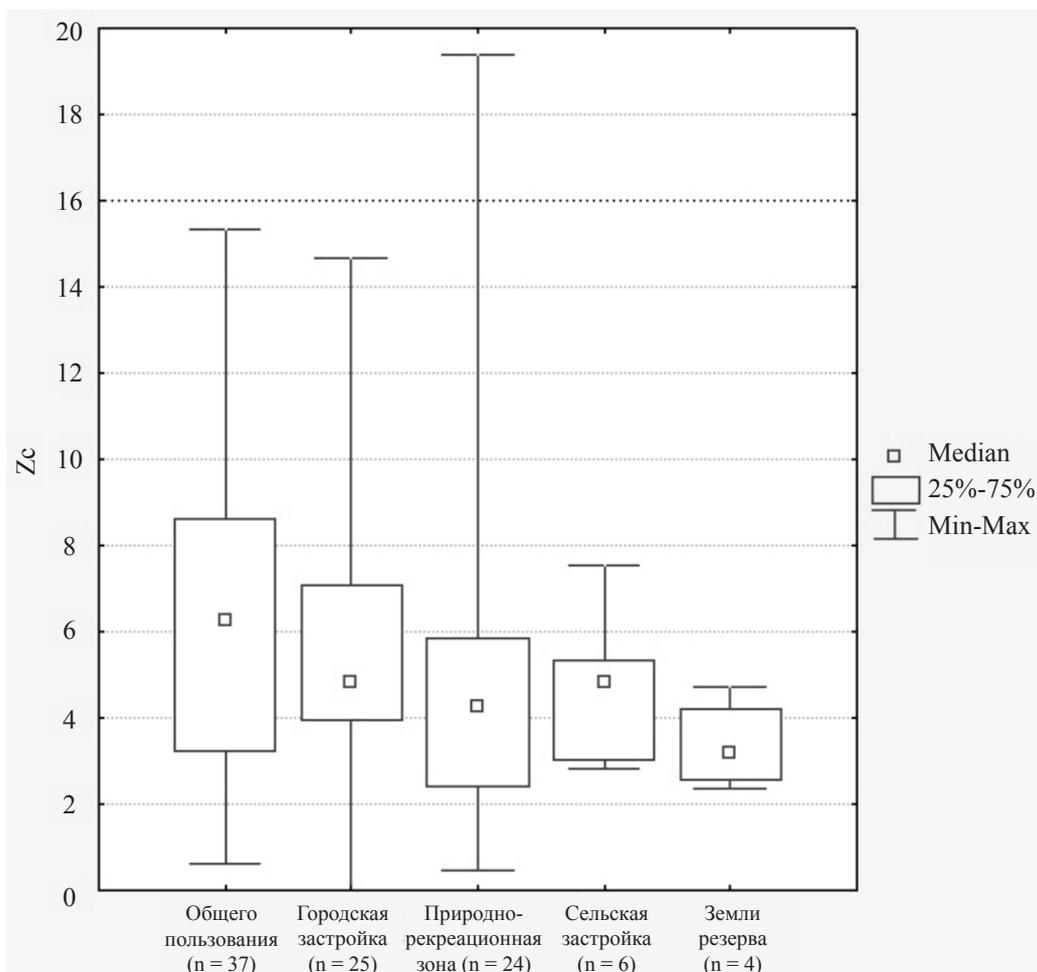


Рис. 2. Диаграмма размаха данных по показателю Z_c на землях различной категории пользования

ходится в пределах от 3 до 7. Среднее значение для территории города Петрозаводска – 5,5.

Ранее проводилось изучение содержания тяжелых металлов в почвах центральных районов г. Петрозаводска [Федорец, Медведева, 2005]. По полученным данным, приоритетным загрязнителем городских почв является свинец, что подтверждает наше исследование. В настоящее время Петрозаводск не входит в число крупных промышленных центров, в связи с этим в городе выявлен невысокий уровень загрязнения почв тяжелыми металлами. Для сравнения: на территории Санкт-Петербурга, самого крупного мегаполиса на Северо-Западе России, по данным сотрудников ФГУ ГП «Уран-гео», отмечены показатели Z_c до 7910 [Сорокин и др., 2012], многократно превышающие максимальное значение, полученное на территории г. Петрозаводска (19,41).

Выводы

На территории г. Петрозаводска выделено пять основных категорий землепользования:

общего пользования, городской и сельской застройки, природно-рекреационная зона и земли резерва. Среди тяжелых металлов, содержание которых определено в почвах города, свинец является основным загрязнителем. Наиболее высокие концентрации данного элемента, в несколько раз превышающие ПДК, отмечены вблизи промышленных объектов, крупных автодорог и автогаражей.

Прослеживается тенденция к накоплению тяжелых металлов на землях общего пользования и городской застройки, а также природно-рекреационной зоны (в частности, марганца). Наименьшее накопление в почвах характерно для кобальта, в некоторых случаях выявлен его недостаток (< 5 мг/кг).

Для оценки среднего содержания тяжелых металлов в городских почвах целесообразно использовать средние геометрические значения, т. к. на урбанизированной территории, как правило, наблюдается высокий разброс показателей, данные не подчиняются закону нормального распределения. В целом средние геометрические значения содержания тяжелых

металлов в почвах города Петрозаводска находятся в пределах ПДК.

Уровень загрязнения почв г. Петрозаводска тяжелыми металлами (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) по комплексному показателю суммарного загрязнения Zс составляет 5,5 и может быть отнесен к допустимой категории загрязнения. Стоит отметить высокий уровень загрязнения почв тяжелыми металлами на территории городского парка «Ямка» (ранее парк Онежского тракторного завода), где Zс = 19,41 (> 16), что соответствует умеренно опасной категории.

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам аналитической лаборатории и лаборатории лесного почвоведения ИЛ КарНЦ РАН за консультации и помощь в проведении полевых и камеральных работ.

Литература

Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. 86 с.

Водяницкий Ю. Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276–1280.

Выборов С. Г., Павелко А. И., Щукин В. Н., Янковская Э. В. Оценка степени опасности загрязнения почв по комплексному показателю нарушенного геохимического поля // Современные проблемы загрязнения почв: межд. научная конф. М., 2004. С. 195–197.

Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: методические указания. М.: ФЦ ГСЭН Минздрава России, 1999. 38 с.

Гигиенические нормативы: Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. 2.1.7.2041–06. М., 2006.

References

Fedorets N. G., Bakhmet O. N., Solodovnikov A. N., Morozov A. K. Pochvy Karelii: geokhimicheskii atlas [Soils of Karelia: geochemical atlas]. Otv. red. V. I. Kru-tov. In-t lesa KarNTs RAN. Moscow: Nauka, 2008. 47 s.

Fedorets N. G., Medvedeva M. V. Ekologo-mikrobiologicheskaya otsenka sostoyaniya pochv goroda Petrozavodsk [Ecological and microbiological assessment of soil state in the city of Petrozavodsk]. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2005. 96 s.

Gigienicheskaya otsenka kachestva pochvy naselen-nykh mest: Metodicheskie ukazaniya [Sanitary assess-ment of soil quality in residential areas: Methodological guidelines]. Moscow: FTs GSEN Minzdrava Rossii, 1999. 38 s.

Gigienicheskie normativy: Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve [Sanitary standards: Maximum permissible concentra-tion (MPC) of chemical substances in soil]. 2.1.7.2041–06. Moscow, 2006.

Ицксон Е. Е., Лантратова А. С. Парк Онежского тракторного завода в г. Петрозаводске // Карелия: энциклопедия: в 3 т. / Под ред. А. Ф. Титова. Петро-заводск: ИД ПетроПресс, 2009. Т. 2. 346 с.

Почва, город, экология / Под общ. ред. Г. В. Доб-ровольского. М.: Фонд «За экономическую грамот-ность», 1997. 320 с.

Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением поч-вы. М.: Агропромиздат, 1986. 221 с.

Сорокин Н. Д., Королева Е. Б., Лосева Е. В., Осинцева Н. В. Пособие по вопросам изучения загрязненных земель и их санации. СПб., 2012. 119 с.

Стурман В. И. Экологическое картографирова-ние: Учебное пособие. М.: Аспект Пресс, 2003. 251 с.

Тойкка М. А., Перевозчикова Е. М., Левкина Т. И., Заварзин А. М., Михкиев А. И., Изергина М. М. Мик-роэлементы в Карелии. Л.: Наука. 1973. 284 с.

Федорец Н. Г., Бахмет О. Н., Солодовников А. Н., Морозов А. К. Почвы Карелии: геохимический ат-лас / Оtv. ред. В. И. Крутов. Ин-т леса КарНЦ РАН. М.: Наука, 2008. 47 с.

Федорец Н. Г., Медведева М. В. Эколого-микро-биологическая оценка состояния почв города Петро-заводска. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 96 с.

Kabala C., Chodak T., Szerszen L., Karczewska A., Szopka K., Fraczak U. Factors influencing the con-centration of heavy metals in soils of allotment gardens in the city of wroclaw, Poland // Fresenius Environmental Bulletin. 2009. Vol. 18, No 7. P. 1118–1124.

Shacklette H. T., Boerngen J. G. Element concen-trations in soils and other surficial materials of the con-terminous United States: U. S. Geological Paper 1270, 1984. 105 p.

Yoardar, M. Shama Yoardar, A. Sharma. Manganese in cell metabolism of higher plants // The Botanical Re-view. 1991. Vol. 57, No 2. P. 117–149.

Поступила в редакцию 13.09.2013

Itsikson E. E., Lantratova A. S. Park onezhskogo traktornogo zavoda v g. Petrozavodsk [The park of the Onego Tractor Plant in the city of Petrozavodsk]. Kareliya: entsiklopediya [Karelia: encyclopedia]: v 3 t. Pod red. A. F. Titova. Petrozavodsk: ID PetroPress, 2009. T. 2. 346 s.

Pochva, gorod, ekologiya [Soil, city, ecology]. Pod red. G. V. Dobrovol'skogo. Moscow: Fond «Za economi-cheskuyu gramotnost'», 1997. 320 s.

Reutse K., Kyrstya S. Bor'ba s zagryazneniem pochvy [Prevention of soil pollution]. Moscow: Agropromiz-dat, 1986. 221 s.

Sorokin N. D., Koroleva E. B., Loseva E. V., Osintse-va N. V. Posobie po voprosam izucheniya zagryaznennykh zemel' i ikh sanatsii [Handbook of soil contamination and remediation]. St. Petersburg, 2012. 119 s.

Sturman V. I. Ekologicheskoe kartografirovanie [Eco-logical mapping: textbook]: Uchebnoe posobie. Mos-cow: Aспект Press, 2003. 251 s.

Toikka M. A., Perevozchikova E. M., Levkina T. I., Zavarzin A. M., Mikhkiev A. I., Izergina M. M. Mikroelementy v Karelii [Microelements in Karelia]. Leningrad: Nauka, 1973. 284 s.

Vodyanitskii Yu. N. Tyazhelye metally i metalloidy v pochvakh [Heavy metals and metalloids in soil]. Moscow: GNU Pochvennyi institut im. V. V. Dokuchaeva RASKhN, 2008. 86 s.

Vodyanitskii Yu. N. Formuly otsenki summarnogo zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami i metalloidami [Equations for assessing total contamination of soils with heavy metals and metalloids]. *Pochvovedenie*. 2010. № 10. S. 1276–1280.

Vyborov S. G., Pavelko A. I., Shchukin V. N., Yanikovskaya E. V. Otsenka stepeni opasnosti zagryazneniya pochv po kompleksnomu pokazatelyu narushennogo geokhimicheskogo polya [Assessment of soil contamination hazard based on composite disturbance

index of geochemical field]. *Sovremennye problemy zagryazneniya pochv* [Modern problems of soil pollution]. Mezhd. nauchnaya konf. Moscow, 2004. S. 195–197.

Kabala C., Chodak T., Szerszen L., Karczewska A., Szopka K., Fraczkak U. Factors influencing the concentration of heavy metals in soils of allotment gardens in the city of wroclaw, Poland. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2009. Vol. 18, No 7. P. 1118–1124.

Shacklette H. T., Boerngen J. G. Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States: U. S. Geological Paper 1270, 1984. 105 p.

Yoardar M. Shama Yoardar A. Sharma. Manganese in cell metabolism of higher plants. *The Botanical Review*. 1991. Vol. 57, No 2. P. 117–149.

Received September 13, 2013

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Новиков Сергей Геннадьевич

младший научный сотрудник, к. б. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия
Россия, 185910
e-mail: novikovsergey.nsg@gmail.com
тел.: (8142) 768160

CONTRIBUTOR:

Novikov, Sergey

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: novikovsergey.nsg@gmail.com
tel.: (8142) 768160