

УДК 504.5:631.4

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ СВИНЦОМ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Ахметова Г.В.<sup>1</sup>, Новиков С.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт леса, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия (185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11), e-mail: novikovsergey.nsg@gmail.com*

---

Были проведены исследования содержания свинца, являющегося одним из самых опасных тяжелых металлов в почвах г. Петрозаводска. Выделены различные категории землепользования на территории города, которые могут характеризоваться определенными закономерностями накопления свинца. Наиболее загрязненными свинцом являются земли категории общего пользования и городской застройки. Средние значения концентрации свинца в почвах города находятся на уровне ПДК и в два раза превышают фоновые значения для почв региона. Высокая вариабельность содержания данного металла говорит о неравномерном его пространственном распределении. Построена картосхема содержания свинца в почвах г. Петрозаводска, на которой показана пространственная неоднородность накопления свинца в почвах города, выявлены точки очень высокого содержания металла.

---

Ключевые слова: свинец, городские почвы, загрязнение почв.

## LEAD CONTAMINATION IN SOILS OF DIFFERENT LAND USE TYPE IN PETROZAVODSK

Ahmetova G.V.<sup>1</sup>, Novikov S.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia (185910, Petrozavodsk, street Pushkinskaya, 11), e-mail: novikovsergey.nsg@gmail.com*

---

The content of lead, which is one of the most hazardous heavy metals in soils of Petrozavodsk, was surveyed. Different land use categories demonstrating certain patterns in lead accumulation were identified within the city. Lead contamination was the highest in the industrial and urban build-up categories. Average lead concentrations in soils of the city are within maximum permissible levels, but twice higher than the background values for soils of the region. High variation of the metal content indicates its non-uniform spatial distribution. A schematic map of lead content in Petrozavodsk soils was compiled, showing the spatial heterogeneity of lead accumulation in the soils and highlighting the sites with very high concentrations of the metal.

---

Keywords: lead, urban soils, soil contamination.

### Введение

Экосистема урбанизированных территорий подвержена мощному воздействию техногенного пресса. В результате происходит накопление поллютантов в различных ее компонентах. Почва является одним из основных концентраторов химических загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы, которые при избыточном содержании проявляют свои токсические свойства. Они являются генетическими ядами, поскольку, попадая в организм, аккумулируются с отдаленным эффектом действия. Одним из наиболее токсичных металлов является свинец, данный элемент относится к первому классу опасности. При накоплении свинца в почве игровых площадок более 300 мг/кг можно ожидать изменения психоневрологического статуса у детей [4].

Загрязнение почв тяжелыми металлами на территории города происходит, как правило, неравномерно. По данным А.К. Евдокимовой [2], при изменении типа

землепользования в разные времена происходит накопление субстратов с различными свойствами, в том числе и тяжелых металлов.

Целью наших исследований являлась оценка уровня загрязнения свинцом почв города Петрозаводска в зависимости от категории землепользования. Для этого решались следующие задачи:

- выделить основные категории землепользования на территории города;
- сравнить содержание свинца в почвах различных категорий землепользования;
- определить среднее содержание свинца в верхнем 10 см слое почв на территории города Петрозаводска.

### **Объекты и методы**

Объектами исследований являлись антропогенно преобразованные почвы города Петрозаводска, которые в настоящее время классифицируются как «городские почвы».

Город Петрозаводск – столица республики Карелия с развитой инфраструктурой и сложными градостроительными постройками. Административные границы города включают в себя всё побережье Петрозаводской губы Онежского озера. Основной массив урбанизированной территории находится на юго-восточном побережье, где и проводились наши исследования. Промышленность города представлена машиностроением и металлообработкой, лесной и деревообрабатывающей, строительной, пищевой, лёгкой и полиграфической отраслями.

Для наиболее репрезентативного отбора образцов на карту города нанесли сетку с размером ячеек 1 км<sup>2</sup>. В условиях плотной городской застройки местность подвержена быстрым изменениям, большая часть почвы находится под асфальтовым покрытием, что делает невозможным отбор почвенных образцов строго по узлам сетки. Она служила лишь ориентировочными границами, чтобы с 1 км<sup>2</sup> был отобран как минимум 1 почвенный образец. Непосредственно выбор мест опробования проводился при выполнении полевых работ с учетом рекомендаций В.И. Стурмана [8]. Отбор почвенных проб осуществлялся с площадок 10x10 м, методом «конверта». На территории города заложено 96 пробных площадей, на которых были отобраны смешанные почвенные образцы из верхнего 10-сантиметрового слоя.

На каждой пробной площади определена категория землепользования [7] и географические координаты по системе GPS. В результате проделанной работы получили карту с нанесёнными точками отбора почвенных проб на землях различных категорий землепользования (рис. 1).



Рис. 1. Точки отбора почвенных проб на территории города Петрозаводска

В почвенных образцах определяли валовое содержание свинца, которое проводили методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии с предварительным автоклавным разложением концентрированными кислотами ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ).

Для характеристики загрязнения почв города Петрозаводска применяли картографический подход. Для составления тематической карты пространственного распределения свинца в почве проводили интерполяцию полученных данных при помощи программного пакета ArcGIS ArcMap по методу Крикинга (ординарный крикинг). При составлении шкалы для картосхемы в качестве верхней границы выбрано значение ПДК свинца в почве [1] и использован равномерный шаг. Для получения репрезентативных результатов при интерполяции данных из набора значений исключали точки с экстремальными значениями, которые определяли по облаку вариограммы/ковариации. Такие точки на тематической картосхеме выделены красным цветом. Для оценки уровня загрязнения почв городской территории использовали в качестве регионального фонового показателя среднее содержание свинца в минеральных подподстилочных горизонтах почв Карелии [9].

Математическая обработка результатов проводилась при помощи программного пакета Statistica 6.

### Результаты и обсуждения

В ходе исследования на территории города Петрозаводска выделены основные категории землепользования:

- 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 и природоохранной зон (городские леса, лесопарки, парки, бульвары, скверы и т.д.);
- земли резерва (пустыри, свалки, карьеры).

Полученные данных содержания свинца в почвах города были статистически обработаны, рассчитанные показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание свинца в почвах г. Петрозаводска, мг/кг  
(96 смешанных почвенных проб)

Переменная	Ср. арифм.	Ср. геом.	Медиана	Мин.	Макс.	$\sigma$	V, %
Pb	35,3	23,0	19,9	2,5	441,8	54,1	153%

Среднее содержание (ср. арифм.) свинца в почвах города составляет 35,3 мг/кг, этот показатель незначительно превышает ПДК (32 мг/кг), но в 2 раза выше регионального фона, составляющего 15,5 мг/кг [9]. Тогда как среднее геометрическое (ср. геом.) значение содержания свинца в почвах Петрозаводска составляет 23 мг/кг, что ненамного превышает региональный фоновый показатель и значительно ниже ПДК.

Очень высокий коэффициент вариации (V, %) содержания свинца в почвах города (153%) говорит о крайней неоднородности его распределения по территории города (табл. 1). Показатель стандартного отклонения ( $\sigma$ ) также свидетельствуют о том, что данные содержания элемента сильно рассеяны от среднего значения. Поэтому, в случае неоднородного распределения показателей, целесообразно использовать среднее геометрическое значение или другие приемы усреднения, т.к. среднее арифметическое сильно зависит от небольшого числа образцов с максимально высокими значениями [9].

На диаграмме разброса данных (рис. 2) видно, что большинство значений (75%) для каждой категории землепользования, находятся ниже уровня ПДК. Медиана содержания

свинца в почвах на землях общего пользования (20 мг/кг), городской (20,9 мг/кг) и сельской (24,7 мг/кг) застройки немного выше регионального фона, в то время как для почв природно-рекреационной зоны (18,3 мг/кг) и земель резерва (15,1 мг/кг) характерны значения, близкие к среднему содержанию элемента в почвах Карелии.

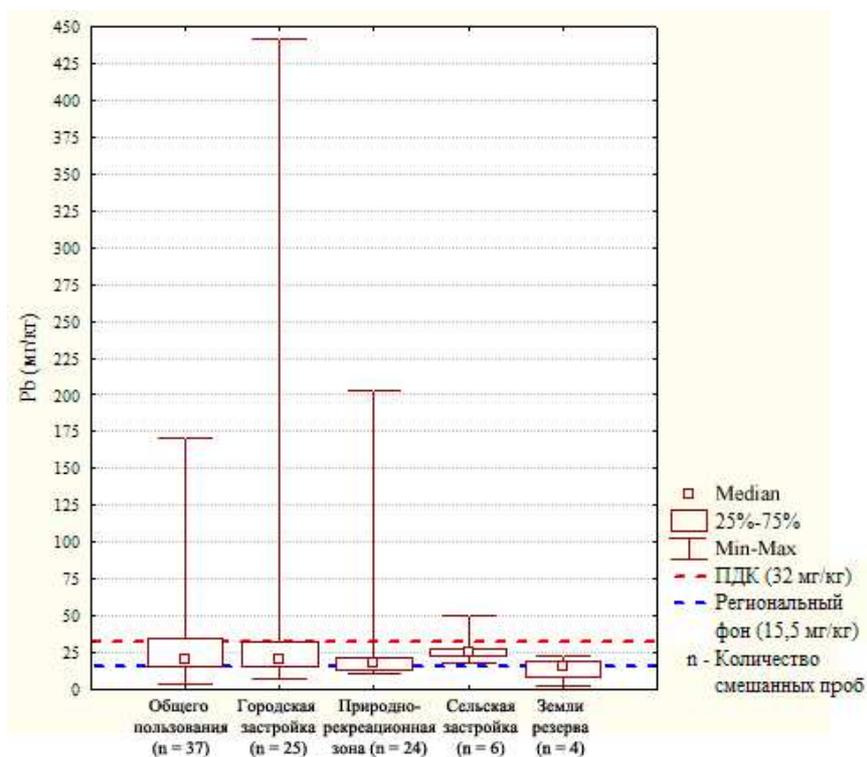
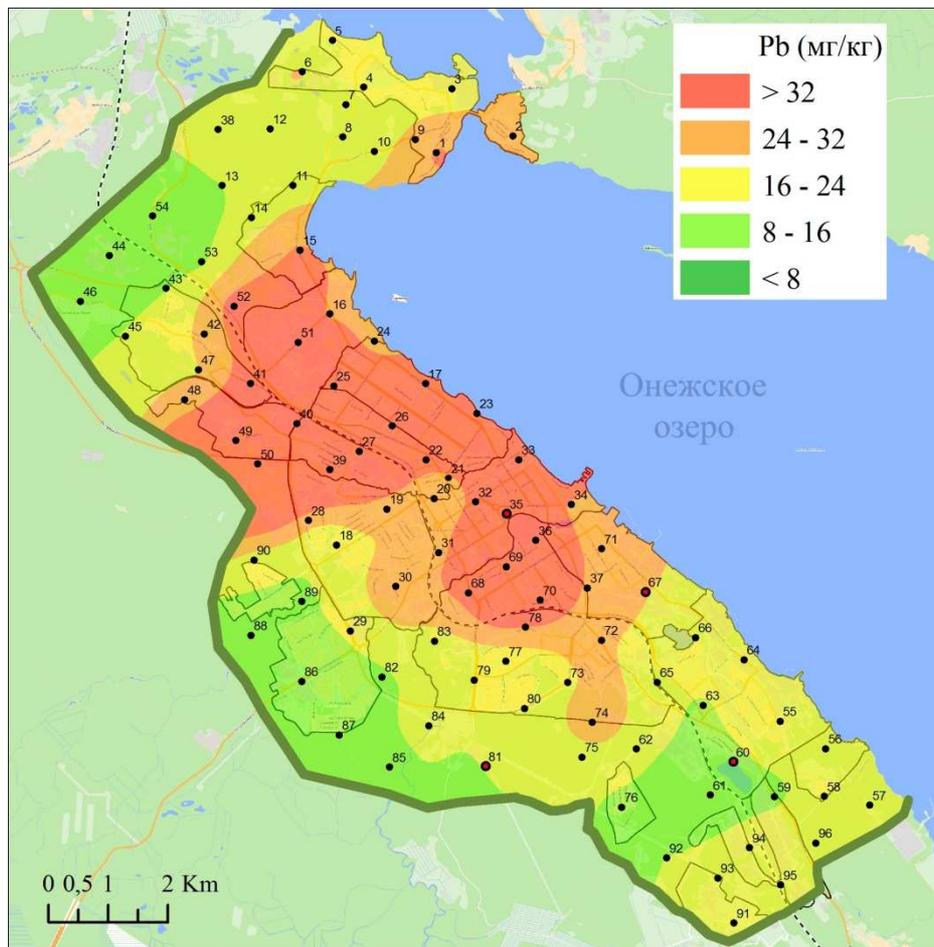


Рис. 2. Диаграмма разброса данных по содержанию свинца в почвах различных категорий землепользования

На картосхеме (рис. 3) показано пространственное распределение содержания свинца в верхнем 10-сантиметровом слое почв. Высоким содержанием свинца характеризуются почвы северо-западной части города с развитым промышленным сектором и, соответственно, большой антропогенной нагрузкой на почвы. Здесь содержание свинца варьирует от 20 до 126 мг/кг.



- – точка отбора почвенной пробы
- – точка с экстремально высоким значением

Рис. 3. Картограмма содержания свинца в почвах города Петрозаводска

Значительное накопление свинца выявлено также в почвах центральных районов, характеризующихся повышенной плотностью автомобильного движения. В местах повышенного скопления автотранспорта (обочины крупных дорог, автогаражи) высокие уровни накопления свинца, вероятно, обусловлены использованием, до недавнего времени, бензина, содержащего тетраэтилсвинец. Из-за высокой канцерогенной активности тетраэтилсвинца этилированный бензин был запрещен в странах Евросоюза с 1 января 2000 г., в России запрет вступил в силу 15 ноября 2002 г. [5].

В почвах городского парка «Ямка» (ранее парк Онежского тракторного завода), расположенного в самом центре города, выявлены очень высокие значения содержания свинца – 202,8 мг/кг. Данная территория представляет собой естественное понижение рельефа между проспектом Карла Маркса и рекой Лососинкой. На берегу реки находится Онежский тракторный завод, функционировавший до 2008 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 [3]. В близлежащих районах содержание свинца в почвах также высокое и составляет 142,2 мг/кг.

По мере удаления от центра города наблюдается заметное снижение концентрации свинца в почвах. Наименее загрязненным свинцом, по сравнению с другими районами города, является спальный микрорайон Древлянка, где его содержание в почвах не превышает 20 мг/кг. Выявлена повышенная концентрация свинца (50,4 мг/кг) в образцах почв частных огородов. Эти участки значительно удалены от промышленных предприятий Петрозаводска, однако расположены вблизи автодорог, где почва подвержена воздействию автомобильных выбросов.

Выявлены четыре пробные площади с экстремально высокими значениями содержания свинца в почвах на территории города:

- вблизи жилых домов и автогаражей – 441,8 мг/кг (земли городской застройки),
- в городском парке «Ямка» – 202,8 мг/кг (земли природно-рекреационной зоны),
- на берегу озера Четырехверстное – 170,3 мг/кг (земли общего пользования),
- на территории комплекса автогаражей – 97,1 мг/кг (земли общего пользования).

Таким образом, почвы города Петрозаводска в среднем можно охарактеризовать как незагрязненные и слабозагрязненные свинцом. Однако выявлена высокая пространственная неоднородность содержания свинца в городских почвах. Наиболее высокое загрязнение свинцом почв выявлено на землях категории общего пользования (до 170,3 мг/кг) и городской застройки (до 441,8 мг/кг), то есть на территориях, 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. Невысокие значения содержания свинца характерны для земель природно-рекреационной зоны, расположенных в пригородных лесах. Однако обнаружено единичное повышенное содержание свинца в лесных почвах на месте несанкционированной свалки - 53,8 мг/кг. Также высокие показатели отмечены в зеленой зоне центральной части города (102 мг/кг) и искусственно созданном парке «Ямка» (202,8 мг/кг).

## **Выводы**

В результате проведенных исследований получены следующие выводы.

1. На территории города Петрозаводска выделено пять категорий землепользования: городской и сельской застройки, общего пользования, природно-рекреационной зоны, резерва. Почвы данных категорий характеризуются разными уровнями накопления свинца.

Наиболее загрязненными свинцом являются земли категории общего пользования и городской застройки.

2. Среднее геометрическое значение концентрации свинца в почвах города ниже уровня ПДК и незначительно выше фона.

3. Высокие коэффициенты вариации говорят о крайне неоднородном содержании свинца в почвах города и неравномерном загрязнении им.

4. Построенная картосхема содержания свинца в почвах города позволяет наглядно оценить пространственную неоднородность почв по концентрации свинца в верхнем 10-сантиметровом слое. Самые загрязненные почвы сконцентрированы в центральной и северо-западной частях города, окраины же характеризуются наиболее низкими показателями.

5. Выявлено несколько точек локального загрязнения почв свинцом, превышающих ПДК в 10 и более раз.

### Список литературы

1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве : гигиенические нормативы. 2.1.7.2041-06. – М., 2006.
2. Евдокимова А.К. Тяжелые металлы в культурном слое средневекового Новгорода // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, географ. - 1986. - № 3. - С. 20-26.
3. Ициксон Е.Е., Лантратова А.С. Парк Онежского тракторного завода в г. Петрозаводске // Карелия : энциклопедия. В 3 т. / под ред. А.Ф. Титова. – Петрозаводск : ИД «ПетроПресс», 2009. – Т. 2. - С. 346.
4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР ОТ 15.05.1990 N 5174-90).
5. О проекте Федерального закона N 209067-3 «Об ограничении оборота этилированного бензина в Российской Федерации» : Постановление ГД ФС РФ от 15.11.2002 N 3302-III ГД.
6. Почва, город, экология / под общей ред. Г.В. Добровольского. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
7. Стурман В.И. Экологическое картографирование : учебное пособие. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
8. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Солодовников А.Н., Морозов А.К. [отв. ред. В.И. Крутов]. Почвы Карелии : геохимический атлас / Ин-т леса КарНЦ РАН. – М. : Наука, 2008. – 47 с.
9. Kabala C., Chodak T., Szerszen L., Karczewska A., Szopka K., Fratzczak 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, N 7. – P. 1118-1124.

### Рецензенты:

Федорец Н.Г., д.с-х.н, профессор, зав. лабораторией лесного почвоведения ИЛ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск.

Новицкая Л.Л., д.б.н., зав. лабораторией физиологии и цитологии древесных растений ИЛ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск.