

УДК 504.5:631.4

РАДИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛОВОГО СОДЕРЖАНИЯ И ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА НА ЗЕМЛЯХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Новиков С.Г.

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

В ходе проведенных исследований изучены почвы г. Петрозаводска на землях общего пользования. Проведена идентификация типа городских почв. Проведен анализ валового содержания и подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) в образцах, отобранных из каждого почвенного горизонта. Приведено подробное описание радиального распределения поллютантов в заложенных разрезах. Определено, что ПДК превышено по валовому содержанию свинца, меди и никеля в почвенных горизонтах на различной глубине, содержание других элементов не достигает ПДК. Среди подвижных форм тяжелых металлов ПДК превышено только по содержанию меди. Установлено, что радиальное распределение поллютантов значительно зависит от состава и свойств антропогенно преобразованных почвенных горизонтов, которые могут формировать геохимические барьеры. Следует отметить, что в данной статье представлена лишь часть материалов масштабных исследований по экологической оценке загрязнения тяжелыми металлами почв города Петрозаводска.

Ключевые слова: городские почвы, земли общего пользования, тяжелые металлы, ПДК, загрязнение почв.

RADIAL DISTRIBUTION OF THE GROSS CONTENT AND LABILE FORMS OF HEAVY METALS IN SOILS ON INDUSTRIAL LANDS IN PETROZAVODSK

Novikov S.G.

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 present study has investigated the soils of industrial lands in Petrozavodsk. The types of urban soils were identified. The gross content and labile forms of heavy metals (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) in samples from each soil horizon were analyzed. The radial distribution of pollutants in the pits was described in detail. It was determined that the total content of lead, copper and nickel in soil layers at different depths exceeded MAC (maximum allowable concentration) while the content of other elements remained within permissible limits. Among labile forms of heavy metals MAC was exceeded only by copper. It was found that the radial distribution of pollutants significantly depended on the composition and properties of anthropogenically transformed soil horizons, which can form geochemical barriers. It should be noted that this article presents only a part of large-scale environmental assessment studies of heavy metal contamination of soils in the city of Petrozavodsk.

Keywords: urban soils, industrial lands, heavy metals, MAC, soil contamination.

Введение

На урбанизированных территориях интенсивная застройка, промышленная деятельность, высокая плотность автотранспорта на дорогах способствуют накоплению в биосфере различных поллютантов. Почва является важнейшей составляющей экосистемы, которая аккумулирует химические загрязняющие вещества, среди них особое место занимают тяжелые металлы. Они связываются с минеральными и органическими соединениями почвы, что повышает общий уровень ее токсичности. Тяжелые металлы опасны тем, что имеют способность к биоаккумуляции, то есть накоплению в тканях живых организмов, и при избыточных концентрациях проявляют свои токсические свойства.

Одной из важнейших экологических функций почвы является функция барьера на пути поллютантов, которые, мигрируя вниз по профилю, вызывают загрязнение грунтовых вод. На территории Петрозаводска расположено более 20 родников, которые пользуются популярностью у населения. Это делает актуальным изучение миграции тяжелых металлов вглубь почвы.

Целью данного исследования являлось изучение особенностей внутрипрофильного распределения тяжелых металлов (Pb, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Zn) в почвах города Петрозаводска на землях общего пользования.

Для достижения данной цели решались следующие задачи:

- установить типы почв на землях общего пользования,
- определить валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах,
- дать характеристику радиального распределения тяжелых металлов в почвах.

Следует отметить, что в данной статье представлена лишь часть материалов масштабных исследований по экологической оценке загрязнения тяжелыми металлами почв города Петрозаводска.

Материалы и методы

Почвы различных зон города испытывают разную степень антропогенного воздействия. Объектами нашего исследования являлись антропогенно преобразованные почвы на землях общего пользования. К данной категории земель относятся промышленные зоны (заводы, автохозяйства, ТЭЦ, склады, АЗС, крупные автодороги, аэропорты, железные дороги и т.д.) [4]. Промышленность г. Петрозаводска представлена машиностроением и металлообработкой, лесной и деревообрабатывающей, строительной, пищевой, лёгкой и полиграфической отраслями. В настоящее время в связи со спадом производства многие промышленные предприятия прекратили своё существование.

Для изучения радиального распределения тяжелых металлов в различных частях города заложено 3 полнопрофильных почвенных разреза. Для идентификации городских почв использовали классификацию, предложенную учеными Московского государственного университета [4]. Из каждого выделенного горизонта в почвенном профиле отбирали образцы почвы, в которых определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии:

- валовое содержание (с предварительным автоклавным разложением в смеси концентрированных кислот (HNO₃, HCl, HF)),
- подвижные формы Ni, Zn, Cr, Cu, Co, Mn в вытяжке аммонийно-ацетатного буфера при pH 4,6-4,8; Pb – в 1 N растворе хлористого аммония [5].

Полученные значения сравнивали с уровнями предельно допустимых концентраций (ПДК) валового содержания [6] и подвижных форм [1] тяжелых металлов в почве.

Результаты и обсуждения

В результате исследования почвенных профилей на землях общего пользования выделены следующие типы почв:

- индустризем – разрез (№ 1) заложен на берегу озера Четырехверстное в южной части города в микрорайоне Ключевая, на площадке много строительного мусора, почвенный профиль имеет вид: U1pta3–U2ga2–U3a4–U4;
- урбанозем среднemocный – разрез (№ 2) заложен в промышленной зоне района Рыбка рядом с центром утилизации ЗАО «Карелия Металл», почвенный профиль имеет вид: U1ha2–U2iha–U3a1–U4;
- урбоподзолистая сильнонарушенная почва – разрез (№ 3) заложен в районе Соломенное на обочине дороги вблизи деревообрабатывающего предприятия, почвенный профиль имеет вид: U1d–U2ha1–UB–BC.

Наиболее высокие значения по валовому содержанию тяжелых металлов выявлены в почвенном разрезе на берегу озера Четырехверстное. График радиального распределения элементов представлен на рисунке 1. Почва характеризуется крайне высоким валовым содержанием свинца по всему профилю, в несколько раз превышающим ПДК (32 мг/кг). В верхнем горизонте его концентрация составляет 4 ПДК и на глубине 27-48 см увеличивается до 34 ПДК. В этом же почвенном горизонте выявлены повышенные концентрации меди до 2,5 ПДК (1 ПДК = 100 мг/кг), никеля, цинка, марганца. Данный горизонт отличается наличием торфа, разложившейся древесины и строительного мусора и представляет собой органоминеральную смесь. Как известно, тяжелые металлы образуют труднорастворимые соединения с органическим веществом [2; 8], что обуславливает формирование геохимического барьера. Концентрации подвижных форм тяжелых металлов в верхней части профиля не превышают ПДК, с глубиной отмечено увеличение концентрации подвижного свинца, цинка и марганца. Содержание меди, никеля и кобальта по почвенному профилю изменяется в незначительных пределах.

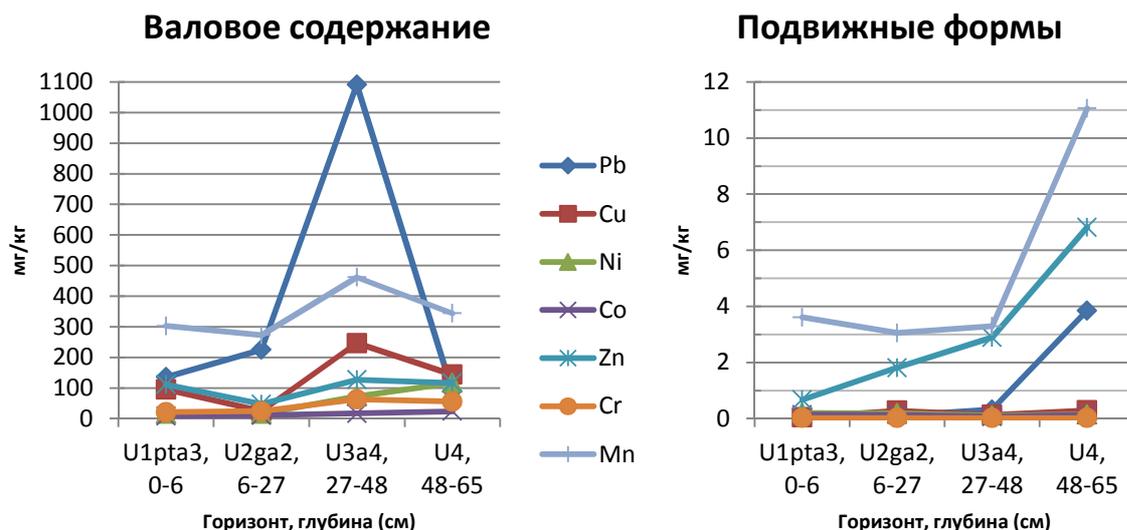


Рис. 1. Радиальное распределение тяжелых металлов в индустриземле (разрез № 1)

На территории промышленной зоны (район Рыбка) почва также отличается высокими значениями валового содержания свинца во всех выделенных генетических горизонтах (рис. 2). Самое высокое значение отмечено в верхнем 0-5 см горизонте – 6,5 ПДК, затем вниз по профилю происходит снижение концентрации до уровня 1-2 ПДК. В верхнем горизонте также отмечено накопление меди и цинка, количество которых вниз по профилю снижается. Содержание общего никеля в верхних горизонтах остается примерно на одном уровне 13-14 мг/кг, затем на глубине 16-36 см отмечено небольшое увеличение концентрации. Валовое содержание кобальта равномерно снижается по глубине, в то время как концентрация хрома увеличивается. Количество общего марганца по почвенному профилю изменяется в небольших пределах, максимальное значение отмечено в самом нижнем горизонте. В почвенном горизонте U3a1 (16-36 см) выявлено накопление подвижных соединений меди, никеля, кобальта и марганца, причем концентрация меди здесь достигает 2 ПДК (1 ПДК = 3 мг/кг). Содержание подвижных форм свинца намного ниже ПДК (6 мг/кг) по всему почвенному профилю, в то же время отмечено незначительное накопление в верхнем горизонте (0-5 см) и на глубине 36-60 см. Концентрация подвижного цинка и хрома увеличивается по глубине незначительно, т.е. распределение по профилю носит монотонный характер.

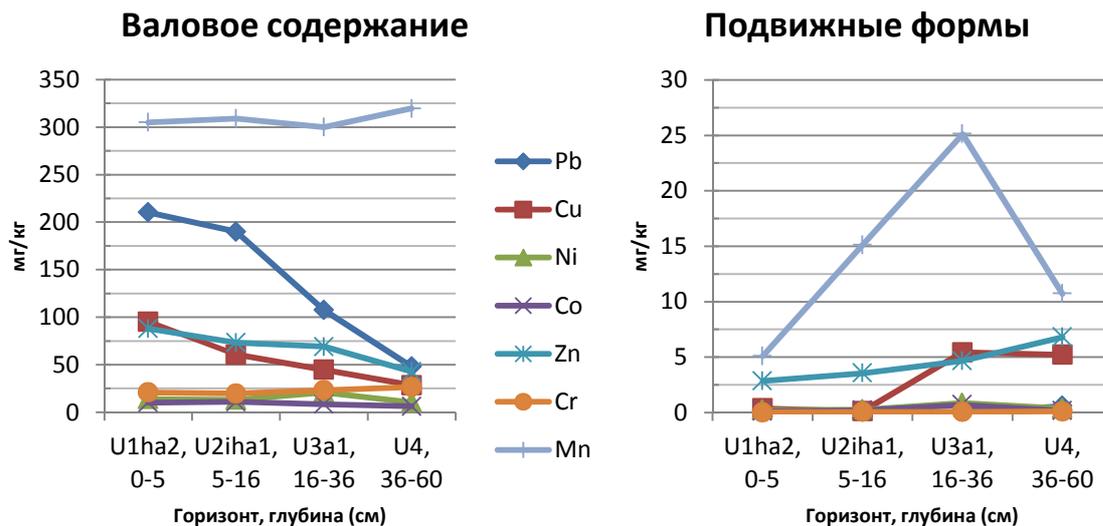


Рис. 2. Радиальное распределение тяжелых металлов
в урбаноэме среднемощном (разрез № 2)

Почвенный разрез, заложенный в районе Соломенного на обочине дороги вблизи деревообрабатывающего предприятия, характеризуется равномерным снижением валового содержания в почве всех тяжелых металлов по глубине, за исключением кобальта (рис. 3). Отмечено небольшое увеличения концентрации никеля и кобальта в горизонте ВС и свинца на глубине 5-20 см. Выявлено превышение ПДК по валовому содержанию свинца в двух верхних горизонтах в 1,5 раза. Концентрация меди в верхних горизонтах до глубины 40 см составляет 1,5-2 ПДК. Количество общего никеля в верхнем горизонте также достигает уровня 1 ПДК (50 мг/кг). Концентрация подвижных форм меди в верхнем горизонте 0-5 см в 5 раз превышает ПДК (3 мг/кг), затем отмечено ее резкое снижение. В этом же почвенном горизонте выявлено накопление марганца и цинка. Содержание свинца по всему профилю не изменяется и составляет 0,05 мг/кг, за исключением верхнего горизонта, где его концентрация в 3 раза выше. Концентрации подвижных форм никеля и кобальта незначительно увеличиваются с глубиной. Распределение по профилю подвижных соединений хрома и марганца схоже, более высокие концентрации отмечены в верхнем горизонте.

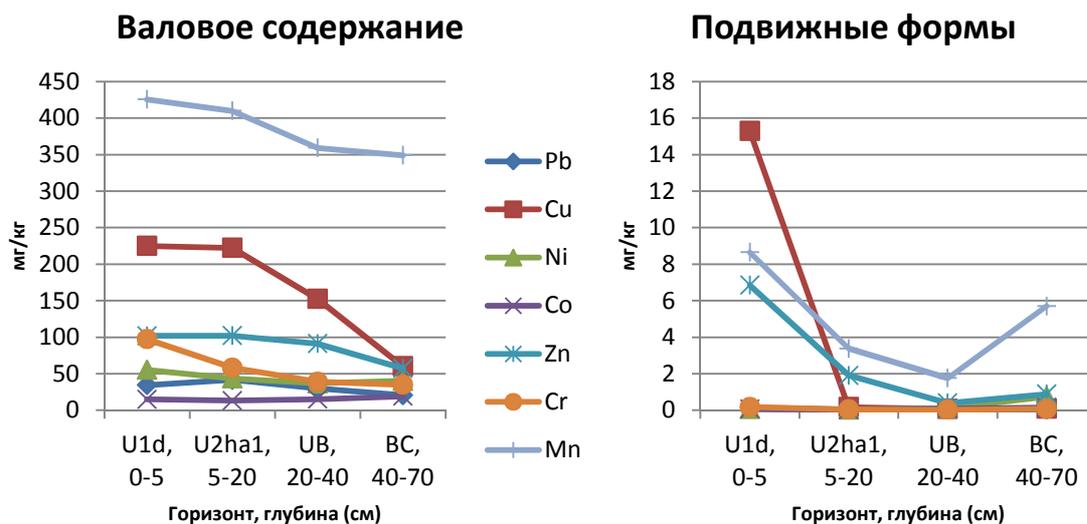


Рис. 3. Радиальное распределение тяжелых металлов в урбоподзолистой сильнонарушенной почве (разрез № 3)

Таким образом, выявлена тенденция накопления поллютантов в верхних горизонтах, что говорит об их аэротехногенном поступлении. Однако в почвенном профиле, заложенном на берегу озера Четырехверстное, выявлены высокие концентрации металлов в нижележащих горизонтах. Это объясняется тем, что на территории городов почвы формируются за счет нарастания вверх, так называемое синлитогенное происхождение [7]. В антропогенно преобразованных почвах распределение тяжелых металлов в различных горизонтах определяется не только поступлением поллютантов из атмосферы, но и качеством насыпных грунтов, из которых они образованы, а также категорией землепользования. По данным А.К. Евдокимовой [3], при изменении типа землепользования со временем происходит накопление субстратов с различными свойствами и содержанием тяжелых металлов.

Выводы

На территории города Петрозаводска на землях общего пользования выделены следующие типы почв: индустризем, урбанозем среднemocный, урбоподзолистая сильнонарушенная почва.

В почвах выявлены высокие показатели валового содержания свинца (до 34 ПДК), меди (до 2,5 ПДК) и никеля (до 2 ПДК), количество других элементов не превышает ПДК. Концентрации подвижных форм всех определенных нами тяжелых металлов также не превышают ПДК, за исключением меди, содержание которой составляет 2 ПДК.

Установлено, что на землях общего пользования происходит накопление тяжелых металлов на различной глубине. Радиальное распределение поллютантов значительно зависит от состава и свойств антропогенно преобразованных почвенных горизонтов, которые

могут формировать геохимические барьеры. В целом для урбаногема среднемощного характерно снижение валового содержания тяжелых металлов по глубине, в то время как концентрации подвижных форм увеличиваются. В профиле урбоподзолистой сильнонарушенной почвы количество подвижных соединений, как и валовое содержание, снижается по глубине. Индустрисем, особо загрязненная почва, отличается увеличением как валового содержания тяжелых металлов, так и их подвижных форм вниз по профилю.

Список литературы

1. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». 2.1.7.2041-06. – М., 2006.
2. Джувеликян Х.А. Подвижные формы тяжелых металлов в черноземах незагрязненных ландшафтов // Вестник Самарского государственного университета. Сер.: Химия, Биология, Фармация. – 2005. – № 1. – С. 107-112
3. Евдокимова А.К. Тяжелые металлы в культурном слое средневекового Новгорода // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, географ. – 1986. – № 3. – С. 20-26.
4. Почва, город, экология / под общей ред. Г.В. Добровольского. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
5. Руководство по санитарно-химическому исследованию почв (нормативные материалы). – М., 1993. – 131 с.
6. Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почвы. – М. : Агропромиздат, 1986. – 221 с.
7. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. – 1997. – N 1. – С. 96-101.
8. Ramakrishnaiah H., Somashekar R.K. Heavy metal contamination in roadside soil and their mobility in relations to pH and organic carbon // Soil and Sediment Contamination: An International Journal. – 2002. – Vol. 5 (1). – P. 643-654

Рецензенты:

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

Сазонова Т.А., д.б.н., доцент, в.н.с. лаборатории физиологии и цитологии древесных растений ИЛ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск.