

УДК 550.423 + 504.064.2

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ТИПИЧНЫХ ПОЧВ АРХАНГЕЛЬСКА

Попова Л.Ф.

ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, Архангельск, e-mail: natsciences@narfu.ru

Проведен сравнительный анализ валового содержания тяжелых металлов I–III классов опасности в типичных почвах основных функциональных зон г. Архангельска, выявлены основные поллютанты и составлены ряды накопления металлов, установлены возможные причины их закрепления в почвах. Дана оценка степени загрязнения основных типов почв различных функциональных зон Архангельска этими поллютантами. Установлено, что основным поллютантом почв техногенно-антропогенных зон города является Pb, а природно-антропогенных зон города – As. Содержание Cu, Zn, Pb, Hg и As повышено по сравнению с фоновыми значениями в селитебной зоне; Pb – в промышленной зоне; As, Hg, Pb и Cu – в зоне городских лесов; Mn и As – в зоне городских лугов. Для культуроземов и урбаноземов основными поллютантами являются Cu, Zn, Pb и Hg; для реплантоземов – Pb, Cu и As; для дерновых почв – Mn и As; для торфяных почв – As, Cu, Pb и Hg. Степень загрязнения почв Архангельска ТМ обусловлена как сроком техногенной эксплуатации территории, так и гранулометрическим составом их. Используя суммарный показатель техногенного загрязнения, проведено экологическое зонирование территории города по категории загрязнения почв тяжелыми металлами и установлено, что селитебная зона в целом и особенно культуроземы могут быть отнесены к категории опасного загрязнения почв ТМ, почвы других зон города испытывают умеренно опасную степень загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, валовое содержание, суммарный показатель загрязнения, функциональные зоны, городские почвы

ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION TYPICAL SOILS ARKHANGELSK

Popova L.F.

Northern (Arctic) Federal University
named after M. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail: natsciences@narfu.ru

A comparative analysis of the total content of heavy metals I–III hazard classes in typical soils of the main functional areas of Arkhangelsk, the main pollutants identified and compiled series of metal accumulation, set the possible causes of their attachment to the soil. Evaluating the degree of contamination of the major soil types of the various functional areas of Arkhangelsk these pollutants. Established that the main pollutant technogenically anthropogenic soil zones of the city is Pb, and natural and man-made areas of the city – As. Contents of Cu, Zn, Pb, Hg and As improved as compared with the baseline values in residential areas; Pb – in an industrial area; As, Hg, Pb and Cu – urban forest zone; Mn and As – in the area of urban meadows. For kulturozemov and urbanozemov main pollutants are Cu, Zn, Pb and Hg; for replantozemov – Pb, Cu, and As; for sod soils – Mn and As; for peat soils – As, Cu, Pb and Hg. The degree of soil contamination due to both TM Arkhangelsk term technological exploitation territory and grading them. Using the total figure of technogenic pollution, conducted ecological zoning of the city by category of soil contamination with heavy metals and found that residential zone as a whole and especially kulturozemy can be categorized as hazardous soil contamination TM soil other areas of the city experiencing moderately dangerous degree of contamination.

Keywords: heavy metals, gross content, a summary indicator of pollution, functional areas, urban soils

Химическое загрязнение окружающей среды – один из наиболее сильных факторов разрушения биосферы. Среди всех химических поллютантов тяжелые металлы (ТМ) имеют особое экологическое, биологическое и здравоохранительное значение.

Почва – это весьма специфический компонент биосферы. Она не только аккумулирует техногенные поллютанты, но и выступает как природный буфер, контролирующей перенос химических элементов в атмосферу, гидросферу и живое вещество. ТМ, поступающие из различных источников, в конечном итоге попадают на поверхность почвы, и их дальнейшая судьба будет зависеть от ее физико-химических свойств. Валовое содержание ТМ характеризует общий запас этих элементов и является важным показателем для получения первичной

оценки состояния почв при локальном или региональном мониторинге.

Цель исследования – оценить уровень загрязнения почвенного покрова основных функциональных зон Архангельска тяжелыми металлами по их валовому содержанию.

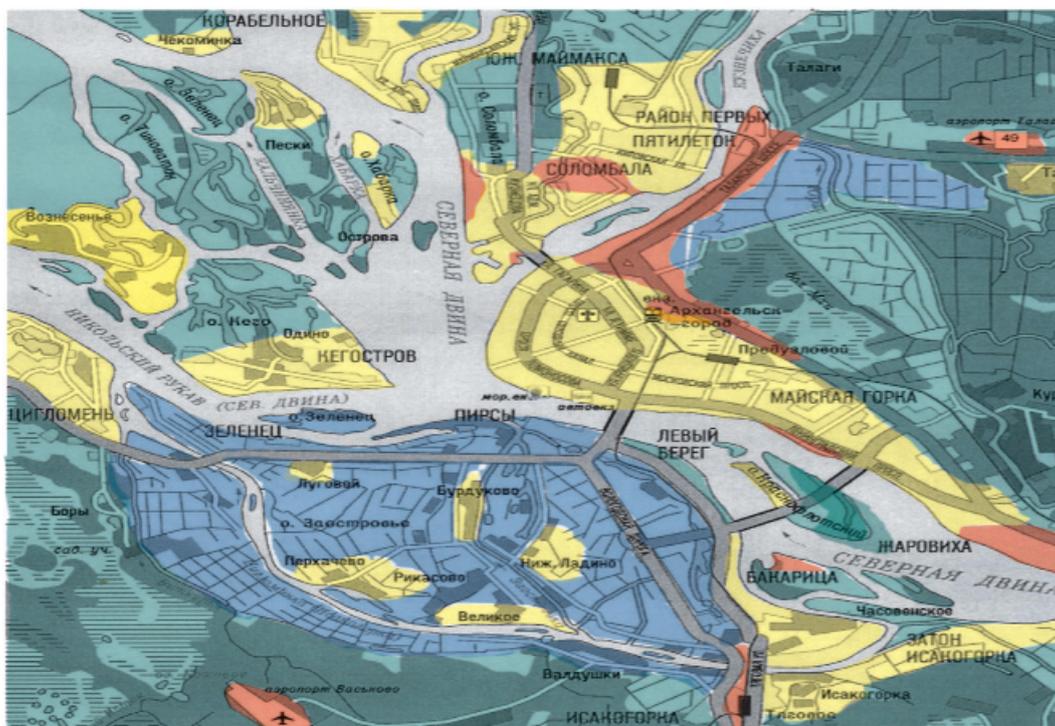
Материалы и методы исследования

Объектом исследования был выбран почвенный покров основных функциональных зон г. Архангельска (рис. 1). Техногенно-антропогенные зоны представлены типичными городскими (культуроземы, урбаноземы, реплантоземы), а природно-антропогенные зоны – торфяными и дерновыми почвами. Отбор, хранение и транспортировка проб почв, отобранных для химического анализа, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 [2].

На базе лаборатории биогеохимических исследований института естественных наук и биомедицины САФУ в образцах почв методами РФА согласно ПНД

Ф 16.1.42-04 [5] и ААС согласно М-МВИ 80-2008 [3] было определено валовое содержание Pb, As, Cd, Hg, Zn, Cu, Ni, Co, V и Mn. Анализы выполнены с использованием оборудования Центра коллективного

пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.



- Техногенно-антропогенные зоны:
 ● – промышленная; ● – селитебная.
 Природно-антропогенные зоны:
 ● – городские леса; ● – городские луга

Рис. 1. Расположение основных функциональных зон г. Архангельска

Уровень загрязнения различных типов почв основных функциональных зон г. Архангельска оценивался с использованием санитарно-гигиенических критериев, биогеохимических коэффициентов и общепринятых шкал экологического нормирования [1, 4].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что валовое содержание ртути (Hg) в почвах большинства ПП Архангельска не выходит за рамки ПДК (2,1 мг/кг). Однако ее содержание в культуроземах и урбаноземах селитебной зоны, в торфяных почвах городских лесов гораздо выше, чем в почвах промышленной зоны и зоны городских лугов. В отдельных случаях (ПП селитебной зоны) валовое содержание ртути доходит до 4,1–4,9 мг/кг, что составляет 1,9–2,3 ПДК.

Валовое содержание мышьяка (As) в городских почвах сильно варьирует (0,1–10,0 мг/кг) и на 45% ПП составляет 1,1–4,8 ПДК. На территории природно-антропогенных зон города сильнее всего мышьяком

загрязнены торфяные почвы городских лесов, где валовое содержание мышьяка варьирует от 2,9 до 4,8 ПДК, но при этом не выходит из интервала ОДК (2–10 мг/кг) [1].

Аккумуляции мышьяка в этих почвах способствуют кислая реакция среды почвенного раствора ($pH < 6,0$), высокое содержание гумуса (13–20%) и повышенные концентрации марганца (210–890 мг/кг). На территории техногенно-антропогенных зон города высокие концентрации мышьяка (1,1–2,1 ПДК) зафиксированы в почвах селитебной зоны. Здесь максимально высокое содержание мышьяка установлено в урбо-торфяных почвах, содержащих большое количество гумуса, в культуроземах и урбаноземах, расположенных на глинистом берегу Северной Двины в самом центре старой исторической застройки города.

Концентрация кадмия (Cd) на всех исследованных типах почв менее 1,0 мг/кг, что свидетельствует о малом участии элемента в промышленных выбросах города. В от-

дельных случаях валовое содержание Cd в почвах селитебной зоны составило 1,2 и 1,6 мг/кг, что выше его ориентировочно допустимой концентрации (0,5 мг/кг) в 2,4–3,2 раз.

Валовое содержание свинца (Pb) в городских почвах всех функциональных зон Архангельска превышает его фоновое содержание (фон). Низким уровнем валового содержания Pb характеризуются почвы городских лесов (0,2–9,2 фон) и лугов (0,7–3,0 фон), в то время как в почвах селитебной (0,4–367,0 фон) и промышленной (1,0–40,0 фон) зон его содержание колеблется от среднего до очень высокого. В почвах 71% ПП г. Архангельска валовое содержание свинца составляет 1,1–32,0 ПДК. Максимально загрязнены свинцом культуроземы, реплантоземы и урбаноземы техногенно-антропогенных зон города. Превышение ПДК по свинцу в 1,1–3,5 раза отмечается на 50% ПП промышленной зоны и в 1,1–32,0 раза на 80% ПП селитебной зоны, расположенных в районах автотрасс и АЗС, что объясняется использованием до 2003 года свинецсодержащих присадок в бензине.

На 2% ПП техногенно-антропогенных зон города (реплантоземы селитебной зоны) установлен очень высокий уровень загрязнения почв свинцом (более 600 мг/кг), на 10% ПП (урбаноземы селитебной зоны) – средний и высокий (150–600 мг/кг) и на 13% ПП – низкий (100–150 мг/кг), что связано с автотранспортной нагрузкой, максимальной в селитебной зоне.

Данные по валовому содержанию меди (Cu) в почвах промышленной (0,5–6,4 фон) и селитебной (0,7–23,0 фон) зон, зоны городских лесов (0,5–15,5 фон) можно объединить в одну генеральную совокупность. Она характеризуется средним и повышенным уровнем содержания этого металла, в то время как в почвах городских лугов (0,6–1,7 фон) содержание меди низкое. В почвах 9% ПП г. Архангельска наблюдается превышение ПДК по валовому содержанию меди в 1,1–3,2 раза, в первую очередь это характерно для урбанозем селитебной зоны. Уровень загрязнения этих почв медью – низкий (100–150 мг/кг). Почвы городских лугов, наоборот, испытывают недостаток содержания Cu (5–15 мг/кг).

Похожая ситуация прослеживается относительно валового содержания марганца (Mn) и ванадия (V). Уровень содержания этих металлов в почвах промышленной и селитебной зон, зоны городских лесов оценивается как средний, тогда как в почвах городских лугов содержится избыточное их количество, а на 20% исследуемых ПП наблюдается превышение ПДК_{мн} в среднем в 3,3 раза.

Относительно цинка (Zn) в одну генеральную совокупность можно объединить почвы городских лесов (0,2–3,1 фон), лугов (0,4–2,7 фон) и промышленной зоны (0,4–4,7 фон), которые характеризуются средним уровнем обеспеченности почв, для почв селитебной зоны, наоборот, характерен высокий уровень накопления Zn (0,3–21,9 фон). В почвах 35% ПП г. Архангельска валовое содержание цинка составляет 1,1–8,9 ПДК. На 19% ПП селитебной зоны города установлен высокий (500–1000 мг/кг) и средний (200–500 мг/кг) уровень загрязнения почв цинком. Это культуроземы и урбаноземы, расположенные в центральной, самой старой части города вблизи крупных автомобильных дорог.

Содержание никеля (Ni) и кобальта (Co) в почвах всех исследуемых функциональных зон не превышает ПДК, однако на большинстве ПП наблюдается превышение фоновых значений в 2–4 раза.

Расчитанные нами коэффициенты концентрации (K_к) характеризуют содержание ТМ в почвах г. Архангельска как повышенное (K_{к>} 1,0) по сравнению с фоновыми территориями, не испытывающими антропогенного воздействия. При этом содержание Cu, Zn, Pb, Hg и As повышено (K_{к>} 3,0) в селитебной зоне; Pb – в промышленной зоне; As, Hg, Pb и Cu – в зоне городских лесов; Mn и As – в зоне городских лугов.

Для культуроземов и урбаноземов основными поллютантами являются Cu, Zn, Pb и Hg (K_{к>} 3,0); для реплантоземов – Pb, Cu и As; для дерновых почв – Mn и As; для торфяных почв – As, Cu, Pb и Hg.

Таким образом, в почвах техногенно-антропогенных зон города основным поллютантом является Pb, а ряды накопления металлов согласно K_к выглядят следующим образом:

селитебная зона – Pb_{31,6} >> Hg_{4,7} > Cu_{4,6} > As_{4,1} > Zn_{3,8} > Ni_{1,7} > Mn_{1,1} > V_{1,0};
 промышленная зона – Pb_{10,0} >> Cu_{2,4} > Zn_{2,0} > As_{1,8} > Ni_{1,5} > V_{1,2} > Hg_{1,0} > Mn_{0,9}.
 В зависимости от типа почв ряды поллютантов несколько видоизменяются:
 культуроземы – Pb_{60,1} >> Zn_{13,5} > As_{5,7} > Cu_{4,4} > Hg_{3,6} > Ni_{1,7} > V_{1,5} > Mn_{1,2};
 урбаноземы – Pb_{27,1} >> Hg_{6,1} > As_{4,0} > Cu_{3,8} > Zn_{3,4} > Ni_{1,5} > Mn_{1,1} = V_{1,1};
 реплантоземы – Pb_{30,8} >> As_{4,3} > Cu_{3,5} > Zn_{2,3} > Ni_{1,8} > Hg_{1,3} > V_{1,1} > Mn_{0,9}.

В почвах природно-антропогенных зон города в большей степени аккумулируется As и убывающие ряды выглядят следующим образом:

торфяные почвы городских лесов – $As_{15,8} \gg Hg_{3,8} > Pb_{3,7} > Cu_{3,0} > Zn_{1,6} = Ni_{1,6} > Mn_{1,2} > V_{1,0}$;

дерновые почвы городских лугов – $As_{4,1} > Mn_{3,5} > Ni_{2,9} > V_{2,4} > Pb_{1,9} > Zn_{1,5} > Cu_{1,3} > Hg_{1,0}$.

При этом уровень загрязнения торфяных почв зоны городских лесов ТМ I класса опасности выше, чем дерновых луговых почв.

На основе коэффициентов концентрации был рассчитан суммарный показатель загрязнения Z_c , который отражает общий вклад ТМ

в загрязнение почв как по основным функциональным зонам города, так и по основным типам почв г. Архангельска (рис. 2). Основной вклад в загрязнение почв селитебной зоны ТМ вносят культуроземы и урбаноземы, а промышленной зоны – урбаноземы.

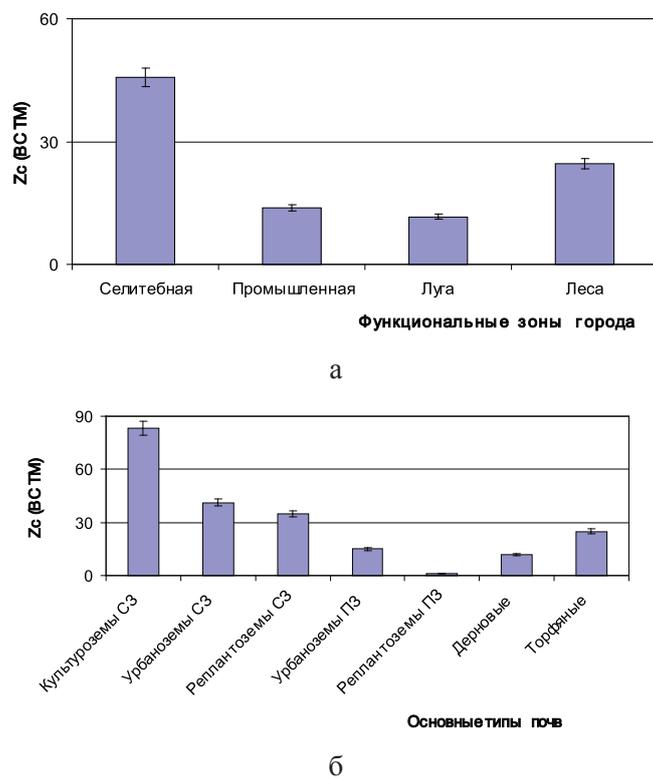


Рис. 2. Средние значения суммарного показателя загрязнения (Z_c) почв ТМ (по валовому содержанию) основных функциональных зон (а) и основных типов почв (б) г. Архангельска

По данному показателю селитебная зона в целом ($Z_c = 45,6$) и особенно культуроземы ($Z_c = 83,3$) могут быть отнесены к категории опасного загрязнения почв ТМ [4], почвы других зон города испытывают умеренно опасную степень загрязнения. Высокий уровень загрязнения почв селитебной зоны ТМ может быть обусловлен как возрастом застройки и эксплуатации территории (более 400 лет), так и специфической антропогенного воздействия, которое заключается в интенсивном использовании автотранспорта, особенно в последние годы. Такой уровень загрязнения приводит к увеличению заболеваемости населения,

увеличению числа хронических заболеваний и нарушению сердечно-сосудистой системы у людей, проживающих на данной территории.

Относительная незагрязненность почв промышленной зоны, несмотря на большую техногенную нагрузку, объясняется коротким сроком использования этих земель (около 30 лет) и особенностями гранулометрического состава почв. Их высокая опесчаненность и переслоенность приводит к вымыванию ионов металлов в грунтовые воды и не способствует кумуляции ТМ.

Таким образом, первичная оценка экологического состояния почвенного покрова

Архангельска показала наличие полиметаллического загрязнения. При этом основным поллютантом почв техногенно-антропогенных зон города является Pb, а природно-антропогенных зон города – As.

Однако оценка валового содержания ТМ даёт неполную характеристику экологического состояния почв и степени загрязнения их данными поллютантами, поэтому является менее информативным показателем, чем содержание подвижных форм ТМ, хотя и позволит не только строить прогнозные модели, но и использовать полученные данные в градостроительной практике и решении экологических проблем города.

Список литературы

1. ГН 2.1.7.020-94. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание, мг/кг) (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91). Постановление Госкомсанэпиднадзора России от 27.12.1994, № 13. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1995. – 3 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введён в действие 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
3. М-МВИ 80-2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. – СПб., 2008. – 29 с.
4. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Введён в действие 05.04.1999. – URL: <http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm> (дата обращения: 06.07.2012).
5. ПНДФ 16.1.42-04 «Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа». Разработчик – ООО «НПО «Спектрон». – URL: <http://www.spectron.ru/products/27.html> (дата обращения: 03.07.2012).

References

1. GN 2.1.7.020-94. Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) tzhazhelyh metallov i mysh'jaka v pochvah s razlichnymi fiziko-himicheskimi svojstvami (valovoe sodержание, mg/kg) (Dopolnenie no. 1 k perechnju PDK i ODK no. 6229-91). Postanovlenie Goskomsanjekidnadzor Rossii ot 27.12.1994, no. 13. M.: Informacionno-izdatel'skij centr Goskomsanjekidnadzora Rossii, 1995. 3 p.
2. GOST 17.4.4.02-84 Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. Vvedjon v dejstvie 01.01.1986. M.: Izd-vo standartov, 1985. 8 p.
3. M-MVI 80-2008. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli jelementov v probah pochv, gruntov i donnyh otlozhenijah metodami atomno-jemissionnoj i atomno-absorbicijonnoj spektrometrii. S.Pb. 2008. 29 p.
4. MU 2.1.7.730-99. Gigenicheskaja ocenka kachestva pochvy naseleennyh mest. Vvedjon v dejstvie 05.04.1999. URL: <http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm> (data obrawenija: 06.07.2012).
5. PND F 16.1.42-04 «Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli metallov i oksidov metallov v poroshkovyh probah pochv metodom rentgenofluorescentnogo analiza». Razrabotchik ООО «NPO «Spektron». URL: <http://www.spectron.ru/products/27.html> (data obrawenija: 03.07.2012).

Рецензенты:

Телешев А.Т., д.х.н., профессор кафедры физической и аналитической химии химического факультета, ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Москва;

Наквасина Е.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова Минобрнауки РФ, г. Архангельск.

Работа поступила в редакцию 04.06.2014.