УДК 574.42

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Забелина О.Н., Феоктистова И.Д.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Владимир, e-mail:plehanovaolga999@mail.ru

Проведено исследование экологического состояния почвы с разным уровнем антропогенной и техногенной нагрузки на урбанизированной территории. Измеряли актуальную кислотность почвы, валовое содержание в ней тяжелых металлов, массовую долю нефтепродуктов. Для почвы в пределах города зарегистрировано изменение ее химических свойств, повсеместно выражающееся в смещении реакции среды в сторону подщелачивания. В почвенном покрове урболандшафтов отмечается высокий уровень загрязнения соединениями свинца, цинка и кобальта, их валовое содержание в почве в 1,5–5 раз выше фонового по Владимирской области. Наибольший уровень аккумуляции тяжелых металлов имеют почвы, испытывающие высокую техногенную нагрузку (почвы промышленных зон и вблизи автомагистралей). Степень загрязнения нефтепродуктами городской почвы в местах с высокой антропогенной и техногенной нагрузкой достигает умеренно опасного и опасного уровня. Экологическое состояние почвы вблизи автомагистралей и промышленных предприятий наименее благоприятное по сравнению с другими территориями в пределах города, состояние почвы рекреационных территорий более стабильно.

Ключевые слова: урбанизированные территории, почва, экологическое состояние

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOIL ECOLOGICAL STATUS IN URBAN AREAS

Zabelina O.N., Feoktistova I.D.

VladimirStateUniversityn.a. A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: plehanovaolga999@mail.ru

We have done a study of the ecological status of soil with different levels of anthropogenic and technogenic impact on the urban area. We have measured soil's actual acidity, the total content of heavy metals in it, the mass fraction of oil. The changes in chemical properties were registered for soil within the city, widely expressed in the displacement of medium reaction towards alkalizing. The soil cover in the urban area has a high level of pollution of lead, zinc and cobalt, their total content in the soil is 1,5–5 times higher than the background for the Vladimir region. The highest level of accumulation of heavy metals was mentioned for soil experiencing high human impacts: industrial zones and soil near highways. Degree of oil pollution of soil in urban areas with high anthropogenic and technogenic load reaches moderately hazardous and dangerous levels, it is 0,4–1,78 mg/g for soil near highways, 4,78–5,4 mg/g for soil industrial zones. For «sealed» soil from areas with artificial surfaces was recorded a moderate level of pollution (0,79–0,88 mg/g oil products concentration). Ecological condition of the soil near highways and industrial is the least favorable compared with other areas within the city, soil condition of urban recreational areas is more stable.

Keywords: urban areas, soil, ecological status

Состоянию почвы урбанизированных территорий до недавнего времени уделялось относительно мало внимания, исследования специалистов были сосредоточены на землях сельскохозяйственного назначения и лесных почвах. В то время как почвы урболандшафтов так же, как почвы естественных ландшафтов, выполняют важные экологические функции, в том числе сорбируют загрязняющие вещества, удерживают их от проникновения в грунтовые воды и в городской воздух с пылью [1]. В связи с возрастающим антропогенным и техногенным давлением на окружающую среду в пределах городов становится необходимым изучение закономерностей функционирования почв городских территорий, их роли в оздоровлении окружающей среды, исследование особенностей взаимодействия почвы с дорожными и иными искусственными покрытиями [6].

Цель исследования – анализ экологического состояния почвы с разным уровнем антропогенной нагрузки на урбанизированной территории.

Материал и методы исследования

Объектами исследования являлись почвы урбанизированной территории (г. Владимир), подвергающиеся разному по степени интенсивности антропогенному и техногенному давлению. В частности, были исследованы почвы города в местах расположения автозаправочных станций, вдоль автомагистралей, почвы территорий, находящихся под воздействием промышленных предприятий, почвы рекреационных территорий, а также почвы, находящиеся под условно непроницаемыми дорожными покрытиями (асфальтобетон и бетон), то есть так называемые «запечатанные» почвы. Отбор почвенных образцов и подготовка их для анализов осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. Пробы открытой почвы отбирали с глубины 0–10 см, 10–20 см, для почв, закрытых асфальтобетоном, глубина отбора составляла 20 см, 30–40 см, 40–60 см. В образцах почвы определяли

содержание тяжелых металлов при помощи рентгеноспектрального анализа на спектрометре «Спектроскан Макс G» [5]. Актуальную кислотность почвы определяли потенциометрически с использованием универсального иономера «Эксперт-001». Массовая доля нефтепродуктов в почве была измерена флуориметрическим методом по ПНДФ 16.1.21-98. Статистическая обработка данных производилась в программах «Microsoft Excel» и «Statistics 8,0».

Результаты исследования и их обсуждение

Большая часть выбросов загрязняющих веществ в городскую среду сосредотачивается на поверхности почвы, где они, постепенно накапливаясь, могут привести к изменению физических и физико-химических свойств субстрата. Исследования свойств почвы г. Владимира показали, что для нее отмечается снижение актуальной кислотности по сравнению с незагрязненной почвой Владимирской области. Результаты измерений актуальной кислотности почвы урбанизированной территории представлены в табл. 1. Для естественных серых лесных почв Владимирского региона характерна слабая кислотность (pH = 5,4–6,0), в то время как реакция среды почв урболандшафтов варьирует от нейтральной до слабощелочной, а в «запечатанных» почвах даже характеризуется как умеренно щелочная. Практически повсеместно наблюдается увеличение актуальной кислотности почвы вниз по профилю.

Таблица 1

Значения актуальной кислотности почвы урбанизированной территории (на примере г. Владимира)

Место отбора	Глубина отбора проб, см	pH водный	Место отбора	Глубина отбора проб, см	pH водный
Бензозаправка № 1	0–10	7,67 ± 0,11	Парк «Центральный»	0–10	7,45 ± 0,11
	10–20	6,96 ± 0,11		10–20	7,28 ± 0,09
Бензозаправка № 2	0–10	7,65 ± 0,09	Парк «Добросельский»	0–10	7,52 ± 0,12
	10–20	7,61 ± 0,09		10–20	6,93 ± 0,1
Бензозаправка № 3	0–10	7,63 ± 0,1	Сквер, ул. 850-летия	0–10	7,20 ± 0,11
	10–20	7,59 ± 0,11		10–20	7,08 ± 0,1
Зона влияния автодороги, ул. Куйбышева	0–10	7,92 ± 0,1	Бульвар, пр-т Строителей	0–10	6,87 ± 0,1
	10–20	7,9 ± 0,08		10–20	6,47 ± 0,12
Зона влияния автодороги, ул. Горького	0–10	6,97 ± 0,11	Ул. Куйбышева (под асфальтобетонным покрытием)	20	8,6 ± 0,09
	10–20	6,79 ± 0,1		30–40	8,32 ± 0,09
				40–60	8,2 ± 0,11
Зона влияния автодороги, ул. Мира	0–10	6,89 ± 0,08	Ул. Лакина (под асфальтобетонным покрытием)	20	7,92 ± 0,1
	10–20	6,64 ± 0,11		30–40	7,81 ± 0,11
				40–60	7,8 ± 0,09
Зона влияния автодороги, ул. Лакина	0–10	7,68 ± 0,08	Ул. Токарева (под асфальтобетонным покрытием)	20	8,83 ± 0,1
	10–20	7,32 ± 0,1		30–40	8,65 ± 0,08
				40–60	8,65 ± 0,1
Зона влияния ОАО «Владимирский тракторный завод»	0–10	7,46 ± 0,08	Ул. Студенческая (под асфальтобетонным покрытием)	20	8,13 ± 0,09
	10–20	7,46 ± 0,1		30–40	7,84 ± 0,1
				40–60	7,8 ± 0,08
Лес (контроль)	0–10	6,04 ± 0,08	Лес (контроль)	10–20	5,9 ± 0,09

Отклонение значений актуальной кислотности почвы от фоновых значений в сторону подщелачивания в условиях города обычно объясняется попаданием в почву хлоридов кальция и натрия, которые входят в состав противоледных реагентов, используемых для посыпки тротуаров и дорог в зимний период года. Другой причиной может являться высвобождение и попадание в почву кальция из различных обломков, кирпича, строительного мусора, цемента, имеющих щелочную среду [3]. Почвы под искусственными покрытиями также могут быть подвержены действию противоледных реагентов, так как бетон и асфальтобетон являются условно непроницаемыми покрытиями, кроме того, вымываемые хлориды кальция и магния могут попадать в «запечатанные» почвы с дренажными водами.

Результаты измерений валового содержания тяжелых металлов в почве исследованных территорий представлены в табл. 2.

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах г. Владимира (слой 0–10 см)

Элемент	Пределы колебаний валового содержания элементов, мг/кг					Среднее содержание (фон), мг/кг	ПДК, мг/кг
	Территория бензозаправок	Зона влияния промышленных предприятий	Зона влияния автодорог	«Запечатанные» почвы (глубина отбора 20 см)	Территория парков		
Pb	43,8–68,9	33,9–77,8	42,3–90,1	43,9–73,5	5,6–79,5	14,9	46,9
Zn	133,8–231,5	183,2–233,8	136,4–248,6	46,4–60,1	32,6–132,3	47,3	71,9
Ni	23,6–34,2	34,8–45,3	27,9–35,2	21,1–54,9	17,4–47,4	35,7	113,5
Co	7,83–17,7	11,2–17,1	10,7–18,2	5,2–17,1	2,8–18,9	4,6	16,7
Mn	462,8–1033,9	845,5–1063,4	741,1–1152,7	284,7–966,1	325,5–1361,7	609	1147
Cr	76,4–109,2	97,1–114,6	83,9–108,4	55,3–112,8	63,2–97,7	84,8	101,8

Отмечается высокий уровень загрязнения почвы в пределах города свинцом, цинком и кобальтом. Валовое содержание указанных тяжелых металлов в 1,5–5 раз превышает их фоновое содержание в почвах Владимирской области. Даже в почвах рекреационных зон наблюдается превышение предельно допустимых концентраций, установленных для свинца, цинка и кобальта, в 1,2–1,8 раза. Избыточная концентрация тяжелых металлов в почвенном покрове может быть очень опасной, так как способна влиять на интенсивность процессов метаболизма в почве [4], изменять ее биохимическую активность и служить причиной изменения общей численности и видового разнообразия микроорганизмов почвы [7]. Концентрация хрома в исследованных почвах приближена к фоновым значениям, тем не менее локально отмечается повышенное содержание данного поллютанта, на отдельных участках регистрируются концентрации хрома выше предельно допустимых. Менее напряженная ситуация складывается по загрязнению почвы урбанизированной территории никелем и марганцем, содержание этих тяжелых металлов в почве соответствует среднему их содержанию в почве Владимирского региона. Почвы территорий под искусственными покрытиями загрязнены тяжелыми металлами в меньшей степени, чем почвы территорий, испытывающих высокую техногенную нагрузку. Вероятно, это объясняется тем, что «запечатанные» почвы в какой-то мере защищены покрытиями от аэральных выпадений загрязняющих веществ, а также от привноса поллютантов с осадками, дождем и снегом.

Результаты измерения массовой доли нефтепродуктов в почве исследованных зон представлены в табл. 3. Пробы для исследования степени загрязнения нефтепродуктами почвы, не запечатанной искусственными покрытиями, отбирали с глубины 0–10 см, так как нефтепродукты и нефть считаются поверхностно распределяющимися веществами, и для контроля степени загрязнения почвенного покрова веществами данного типа по ГОСТ 17.4.4.02-84 рекомендуется исследовать верхний слой почвы.

Таблица 3

Массовая доля нефтепродуктов в почве г. Владимира

Глубина отбора проб	Пределы колебаний массовой доли нефтепродуктов в почве, мг/г					
	Территория бензозаправок	Зона влияния промышленных предприятий	Зона влияния автодорог	Территория парков	Территория скверов	Лесная почва (контроль)
0–10 см	0,047–4,96	4,78–5,4	0,4–1,78	0,016–0,1	0,125–0,27	0,016–0,018

Наибольший уровень загрязнения нефтепродуктами отмечался для почв, находящихся в зоне влияния автодорог и промышленных предприятий. Обнаруженный для них уровень загрязнения характеризуется как умеренно опасный и опасный [2]. Повышенные концентрации нефтепродуктов также были выявлены в почвах АЗС, находящихся в эксплуатации длительное время (более 30 лет). Исключение составляли бензозаправки, на которых была проведена рекультивация: удаление верхнего, наиболее загрязнённого слоя почвы, его захоронение и нанесение на загрязнённую почву слоя чистой плодородной земли мощностью до 10 см. В целом степень загрязнения нефтепродуктами почвы АЗС широко варьировалась от фоновых концентраций нефтепродуктов в почвенном покрове до опасного уровня загрязнения.

Как и следовало ожидать, наименьшей степенью загрязнения нефтепродуктами характеризовалась почва рекреационных территорий, занятых зелеными насаждениями, так как растительность, выполняя средозащитную функцию, препятствует проникновению экотоксикантов с пылью и аэрозолями вглубь озелененных пространств. В почвах территорий крупных парков нефтепродукты были обнаружены в фоновых концентрациях, загрязнение почвы скверов характеризовалось как повышенный фон. Для почвы с территорий, запечатанных искусственными покрытиями, регистрировался умеренный уровень загрязнения (0,79–0,88 мг/г).

Выводы

1. Преобладание в пределах города почвы с нейтральной и слабощелочной реакцией среды указывает на постепенное изменение ее химических свойств, что может отрицательно сказываться на функционировании почвенного покрова как составной части урбаноэкосистемы.

2. Приоритетными загрязнителями среди измеренных тяжелых металлов являются соединения цинка, свинца и кобальта. Наибольший уровень аккумуляции тяжелых металлов имеют почвы промышленных зон, где скопились отходы в виде гальваношламов, а также почвы вблизи автодорог и автомагистралей.

3. Степень загрязнения нефтепродуктами городской почвы в местах с высокой антропогенной и техногенной нагрузкой достигает умеренно опасного и опасного уровня. Состояние таких почв требует внимания и постоянного контроля, целесообразно проводить их рекультивацию.

4. Экологическое состояние почвы на территориях вблизи автодорог и промышленных предприятий следует охарактеризовать как наименее благоприятное в пределах города, так как для них регистрируется изменение физико-химических свойств, высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами, опасный уровень загрязнения нефтепродуктами. Почва рекреационных территорий в определенной мере защищена зелеными насаждениями и подвергается меньшей техногенной нагрузке, поэтому ее экологическое состояние более стабильно по сравнению с другими территориями в пределах города.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-31231мол_а.

Список литературы

1. Добровольский Г.В. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: функционально-экологический подход / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: МАИК «Наука/ Интерпериодика», 2000. – С. 185.

2. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 208 с.

3. Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, систематика и экологическое значение: автореф. дис. ... канд. биол. наук в форме научного доклада. – М., 1998. – 71 с.

4. Трифонова Т.А. Сравнительная оценка состояния городских почв по их биологической активности / Т.А. Трифонова, О.Н. Сахно, О.Н. Забелина, И.Д. Феоктистова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2014. – № 3. – С. 23–27.

5. Ширкин Л.А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды: учебное пособие. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 65 с.

6. Lehmann A., Stahr K., J. of Soils & Sediments, 2007, v. 7(4), pp. 247–260.

7. Zimdahl R.L., Hasset J.J., Eds. Boggess W.K., Wixson B.G. EPA Publ., 1979, pp. 93–98.

References

1. Dobrovolskiy G.V. *Sohranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery: funktsionalno-ekologicheskiy podhod* [Soil conservation as an indispensable component of the biosphere: functional ecological approach]. Moscow, MAIK «Nauka/Interperiodika», 2000, pp. 185.

2. Pikovskiy YU.I. *Prirodnye i tehnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayuschey srede* [Natural and technogenic streams of hydrocarbons in the environment]. Moscow, MGU Publ., 1993, 208 p.

3. Stroganova M.N. *Gorodskie pochvy: genezis, sistematika i ekologicheskoe znachenie* [Urban soil: genesis, taxonomy and ecological importance]. Moscow, Avtoref. dis. cand. biol. science in the form of a scientific paper, 1998, 78 p.

4. Trifonova T.A., Sakhno O.N., Zabelina O.N., Feoktistova I.D. *Vest.Mosk.un-ta. Ser.17.Pochvovedenie*, 2014, no. 3, pp. 23–27.

5. Shirkin L.A. *Rentgenofluorestsentnyy analiz obektov okruzhayuschey sredy* [X-ray fluorescence analysis of environmental objects]. Vladimir, Vladimirskiy Gos. Univ., 2009, 65 p.

6. Lehmann A., Stahr K., *J. of Soils & Sediments*, 2007, v. 7(4), pp. 247–260.

7. Zimdahl R.L., Hasset J.J., *Eds. Boggess W.K., Wixson B.G. EPA Publ.*, 1979, pp. 93–98.

Рецензенты:

Мазиров М.А., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой почвоведения Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир;

Зинченко С.И., д.с.-х.н., профессор, зам. директора по науке, ГНУ Владимирский НИИСХ, г. Владимир.

Работа поступила в редакцию 15.09.2014.