

УДК 631.6.02

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ УРБОЛАНДШАФТОВ г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

© 2015 г. Д.Ю. Шишкина

Шишкина Диана Юрьевна – кандидат географических наук, доцент, кафедра геоэкологии и прикладной геохимии, институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: diana@sfedu.ru

Shishkina Diana Yur'evna – Candidate of Geographical Science, Associate Professor, Department of Geoecology and Applied Geochemistry, Sciences Institute about the Earth of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: diana@sfedu.ru

Проанализированы основные особенности и содержание тяжелых металлов в различных функциональных зонах г. Ростова-на-Дону. Выявлены накопление тяжелых металлов в почвах промышленных и селитебных ландшафтов, а также долговременные тенденции аккумуляции тяжелых металлов в верхнем почвенном горизонте. Уровень загрязнения почв оценен как допустимый и умеренно опасный.

Ключевые слова: тяжелые металлы, функциональные зоны, источники загрязнения, геохимические ассоциации и аномалии, суммарный показатель загрязнения.

The content and main features of distribution of heavy metals in the soils from different functional zones have been analyzed. The accumulation of heavy metals in the soils of industrial and settlement urban landscapes has been noted. The long-term trends in accumulation of heavy metals in topsoils were identified. The soil pollution level was assessed as acceptable and moderately dangerous.

Keywords: heavy metals, functional zones, sources of pollution, geochemical associations and anomalies, total pollution index.

Распределение тяжелых металлов в почвах Ростова н/Д, их миграция и аккумуляция в различных урболандшафтах, а также санитарно-гигиеническая оценка городских почв рассмотрены во многих публикациях [1 – 5]. К настоящему времени получен ряд важных результатов: установлены общие закономерности пространственного распределения тяжелых металлов, выявлена локализация геохимических аномалий и определен их генезис, выполнена эколого-геохимическая оценка функциональных зон города и отдельных участков городской территории.

Однако некоторые аспекты проблемы остаются малоисследованными. Прежде всего это детальная характеристика распределения химических элементов в почвах различных городских функциональных зон. Весьма ограничены данные, характеризующие поведение таких опасных токсикантов, как кадмий, ртуть и мышьяк. Не установлены современные тенденции распределения тяжелых металлов.

Объекты и методы исследований

В основу работы положены материалы, полученные в 2012 – 2014 гг. в ходе эколого-геохимических исследований на территории городских парков, селитебных и промышленных

функциональных зон, а также сохранившихся фрагментов природных ландшафтов. Было отобрано 116 проб почв, причем основной объем опробования пришелся на рекреационные зоны – в пределах 10 городских парков отобрано 76 почвенных образцов. Промышленные ландшафты представлены промплощадкой ОАО «Эмпилс» в северо-западной промышленной зоне и электроподстанцией на Гвардейской площади. Селитебные ландшафты – территория на пересечении ул. М. Горького и пер. Нахичеванского, в прошлом занятая одноэтажной застройкой, где в настоящее время возводится жилищный комплекс «21 век». Условно природные ландшафты – участок в северной части города, расположенный на пойме и первой надпойменной террасе левого берега р. Темерник. Территория практически не освоена, на ней развита луговая и степная растительность, значительная часть площадки заболочена.

Изучалось распределение в верхнем почвенном горизонте химических элементов, включенных в стандартный перечень химических показателей качества почв: свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, мышьяка, ртути [6]. Аналитические исследования выполнялись в региональном лабораторном центре ОАО «Южгеология» и испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области».

Характеристика временной динамики распределения элементов проводилась путем сравнения с данными эколого-геохимических исследований в северо-западной части Ростова н/Д, проведенных в 1994 г. [2]. Для эколого-геохимической оценки были использованы такие геохимические коэффициенты и показатели, как коэффициент концентрации и суммарный показатель загрязнения. Коэффициент концентрации (K_c) – отношение содержания химического элемента в оцениваемом объекте к его фоновому содержанию; суммарный показатель загрязнения (СПЗ, Z_c), позволяющий оценить уровень комплексного загрязнения, представляет собой аддитивную сумму превышений концентраций отдельных элементов над единичным (фоновым) уровнем: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где K_c – коэффициент концентрации; n – число химических элементов, входящих в изучаемую ассоциацию.

При $Z_c < 16$ категория загрязнения оценивается как допустимая, если Z_c лежит в диапазоне 16 – 32 – умеренно опасная, в диапазоне 32 – 128 – опасная [7].

В качестве геохимического фона принимались средние концентрации химических элементов в почвах природных ландшафтов Ростовской области, полученные в ходе многолетних исследований, проводимых сотрудниками кафедры геоэкологии и прикладной геохимии ЮФУ [8 – 12]. Оценка степени загрязнения почв проводилась на основе санитарно-гигиенических нормативов – предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических элементов [13, 14].

Результаты исследований

Распределение цинка характеризуется высокой контрастностью: в почвах различных ландшафтных зон его содержание варьирует от 15 до 1000 мг/кг (табл. 1). Среднее содержание, изменяющееся от 126 (природные ландшафты) до 328,8 мг/кг (промышленные), повсеместно превосходит естественный геохимический фон, K_c варьирует от 1,5

до 3,9 (табл. 2). Загрязнение почвенного покрова цинком выявлено во всех ландшафтах, исключая природные. Наиболее высокие концентрации зафиксированы на промплощадке ОАО «Эмпилс», где содержание элемента достигает 1000 мг/кг, или 4,5 ОДК. Следует отметить, что «Эмпилс» – ведущий российский производитель декоративных лакокрасочных покрытий и оксида цинка (цинковых белил). Предприятие существует на двух площадках, одна из которых, расположенная в центре города, выпускает цинковые белила с 1923 г. В ходе эколого-геохимических исследований Ростова н/Д В.В. Приваленко выявил, что это лакокрасочное производство находится в эпицентре загрязнения почвенного покрова цинком [3]. Спустя десятилетия завод по-прежнему остаётся наиболее мощным источником загрязнения почвы. Именно в его окрестностях зафиксированы максимальные концентрации Zn – 2462 мг/кг [5].

Наши исследования проводились на второй площадке, строительство которой развернулось в 70-е гг. XX в. Содержания цинка здесь достигают 1000 мг/кг; превышающие ОДК концентрации обнаружены в восьми из пятнадцати проб. Пространственное распределение элемента весьма неоднородно: уже на расстоянии 100 м от центральной площадки с наибольшим уровнем загрязнения содержание падает до 50–80 мг/кг.

За последние двадцать лет произошло существенное снижение концентраций цинка в городских почвах. Максимальные концентрации элемента уменьшились на порядок: в 1994 г. они достигали 10000 мг/кг, сейчас – 1000 (табл. 1). Заметно снизились и средние концентрации, особенно резко – почти в 4 раза – в почвах селитебных ландшафтов. Тенденция снижения уровня загрязнения почв цинком подтверждается и исследованиями В.В. Приваленко, отмечавшего уменьшение контрастности геохимических аномалий элемента в 1995 – 1998 гг. [3]. Превышения ОДК Zn выявлены в 22 % общего числа проб, отобранных на территории селитебных, рекреационных и промышленных ландшафтов.

Таблица 1

Пределы колебаний содержаний химических элементов в почвах различных урбандшафтов, мг/кг

Химические элементы	Городские ландшафты						
	Природные (2014 г.)	Рекреационные		Селитебные		Промышленные	
		1994 г.	2013 г.	1994 г.	2012 г.	1994 г.	2014 г.
Pb	10–40	20–400	10–200	20–1000	11–77	20–3000	8–400
Zn	80–200	80–2000	15–800	80–10000	31–699	100–3000	50–1000
Cd	0,11–0,21	–	0,2–0,5	–	0,07–0,8	–	0,35–2,2
Hg	0,006–0,021	–	0,014–0,045	–	0,06–0,38	–	0,006–0,031
As	1,1–4,4	–	1–3	–	0,41–20	–	0,8–3,3
Ni	30–50	30–60	30–100	20–80	22–32	30–80	9,7–50
Cu	30–50	30–200	50–300	30–500	10,3–61	40–300	20–78,1

Таблица 2

Среднее содержание химических элементов в почвах различных урбандолафтов, мг/кг

Химические элементы	Городские ландшафты							Фон	ПДК (ОДК)
	Природные	Рекреационные	Селитебные		Промышленные				
	2014	1994	2013	1994	2012	1994	2014		
Pb	22,5	46,4	42	98,9	51	131,5	67	24,0	130
Zn	126	284,1	192,8	781,2	200,5	348,4	328,8	84,3	220
Cd	0,16	–	0,37	–	0,27	–	0,87	0,22	2,0
Hg	0,112	–	0,031	–	0,21	–	0,01	0,13	2,1
As	2,52	–	1,74	–	8,9	–	1,8	4,76	10
Ni	44	46,4	47,5	50,6	27	44,2	37,3	41,0	80
Cu	39	59,8	89,5	78,4	29,8	61,4	40,7	34,8	132

Концентрации свинца изменяются от 10 до 400 мг/кг, причем минимальные концентрации характерны для природных ландшафтов, максимальные – для промышленных. Только в почвах природных ландшафтов содержание Pb ниже естественного педогеохимического фона, в остальных превышает фон в 1,8–2,8 раза. Максимальное содержание приурочено к территории ОАО «Эмпилс» и достигает 150 и 400 мг/кг. Несмотря на общий высокий уровень содержания элемента, загрязнение свинцом обнаружено лишь в 3 % от всех почвенных проб. Концентрации свинца снизились по сравнению с 1994 г. в почвах всех ландшафтов, наиболее резко – для промышленных зон: среднее содержание почти в 2 раза, максимальное – в 7,5.

В ходе эколого-геохимических исследований 1980–2000 гг. распределению таких токсичных элементов, как ртуть, кадмий и мышьяк, уделялось мало внимания. Известно, что содержание кадмия в основном изменялось от 0,003 до 0,006 мг/кг, максимальные концентрации, выявленные на участке между ул. Мечникова и Черепихина, составляли 0,25 – 0,35 мг/кг [1]. Проведенные нами исследования показали, что содержание металла варьирует в широком диапазоне – от 0,07 до 2,2 мг/кг. В почвах всех ландшафтов, за исключением природных, среднее содержание элемента выше естественного фона, увеличиваясь от природных (0,16 мг/кг) до промышленных (0,87 мг/кг).

На промплощадке ОАО «Эмпилс» выявлено единственное превышение ОДК (в 1,1 раза). Высокое содержание цинка, свинца и кадмия связано со спецификой производства. Характерной особенностью лакокрасочного производства является использование широкого спектра сырьевых материалов, в том числе пигментов, сиккативов и других компонентов, содержащих тяжелые металлы. Наиболее часто используемыми являются свинцовый сурик, свинцовый и цинковый кроны, цинковые белила, кадмиевая желтая [15].

Почвы промышленных ландшафтов отличаются минимальным содержанием ртути (среднее 0,01 при разбросе от 0,006 до 0,031 мг/кг); селитебных – максимальным (0,21 и 0,06–0,38 мг/кг). Концентрации мышьяка также значительно ниже естественного фона, самыми высокими значениями выделяются селитебные ландшафты – до 20 мг/кг, что в 2 раза выше ОДК.

Содержание меди в почвах различных городских ландшафтов в целом сопоставимо с региональным фоном. Исключение составляют территории парков, где медь превосходит фон в 2,6 раза. Возможно, это связано с применением медьсодержащих пестицидов (бордосской жидкости) при выращивании парковых культур. Только в парковых почвах обнаружены концентрации меди до 300 мг/кг, что в 2,3 раза выше ОДК.

Содержание никеля слабо варьирует от 22 до 80 мг/кг, загрязнение почв этим металлом не выявлено ни в одной точке.

По величине СПЗ подавляющее число почвенных проб относится к допустимой категории загрязнения. Значение СПЗ в диапазоне 16–32 (умеренно опасная категория) зафиксировано лишь в пяти точках опробования, три из которых расположены на промплощадке ОАО «Эмпилс», по одной – на территории парка им. Вити Черевичкина и селитебных одноэтажных ландшафтов на пересечении ул. им. Максима Горького и пер. Нахичеванского.

Выводы

1. Почвы разных функциональных зон различны по уровню содержания химических элементов. Если сравнить средние концентрации металлов и мышьяка с естественным геохимическим фоном, то можно составить следующие геохимические ассоциации:

- природные ландшафты: $Zn_{1,5} - Cu_{1,1} - Ni_{1,1}$;
- селитебные: $Zn_{2,4} - Pb_{2,1} - As_{1,9} - Hg_{1,6} - Cd_{1,2}$;

– рекреационные: $\text{Cu}_{2,6} - \text{Zn}_{2,3} - \text{Pb}_{1,8} - \text{Cd}_{1,7} - \text{Ni}_{1,2}$;

– промышленные: $\text{Cd}_4 - \text{Zn}_{3,9} - \text{Pb}_{2,8} - \text{Cu}_{1,2}$.

2. При ранжировании урбандшафтов по количеству элементов, превышающих фон, выстраивается следующий ряд: рекреационные, селитебные >промышленные >природные. По величине коэффициента концентрации выявляется последовательность: промышленные >рекреационные >селитебные >природные.

3. Городские почвы в целом слабо загрязнены тяжелыми металлами и мышьяком. Наиболее широко распространено цинковое загрязнение (присутствует в 22 % изученных проб), затем медное (7 %), свинцовое (3 %), мышьяковое (2 %) и, наконец, кадмиевое (1 %). Очевидно, что цинк является индикатором загрязнения почвенного покрова г. Ростова н/Д.

4. С течением времени происходят деконцентрация элементов в городских почвах и уменьшение уровня загрязнения.

5. В целом загрязнение городских почв оценивается как допустимое. Локальные участки с умеренно опасным загрязнением выявлены в пределах промышленных ландшафтов, а также селитебных и рекреационных ландшафтов, расположенных в историческом ядре города. В первом случае это объясняется наличием мощного источника загрязнения, во втором – длительным техногенным воздействием.

Литература

1. Приваленко В.В., Остроухова В.М., Домбровский Ю.А., Шустова В.Л., Базельюк А.А., Остробородько Н.П. Эколого-геохимические исследования городов Нижнего Дона. Ростов н/Д., 1993. 268 с.
2. Закруткин В.Е., Скрипка Г.И., Шишкина Д.Ю. Эколого-геохимическая оценка ландшафтов Ростова-на-Дону в зоне влияния РТЭЦ-3 // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 1996. № 3. С. 55 – 63.
3. Приваленко В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Т. 1. Экология города Ростова-на-Дону. Ростов н/Д., 2003. 290 с.
4. Приваленко В.В., Кузнецов И.Н., Демченко С.Г. Эколого-геохимический мониторинг на полигонах ТОПП г. Ростова-на-Дону. Ростов н/Д., 2009. 297 с.
5. Капралова О.А., Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону // Научная мысль Кавказа. 2012. № 1. С. 69 – 72.
6. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М., 2003.
7. Саен Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М., 1990. 335 с.

8. Закруткин В.Е., Шишкина Д.Ю., Березуцкий С.В. Ртуть и кадмий в почвах и сельскохозяйственных культурах Ростовской области // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа : материалы II междунар. науч. конф. 21 – 23 октября 1999 г. Новочеркасск, 1999. С. 46 – 49.

9. Закруткин В.Е. Геохимия ландшафтов и техногенез. Ростов н/Д., 2002. 308 с.

10. Романюк О.Л. Геохимия свинца и кадмия в агроландшафтах Ростовской области : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов н/Д., 2005.

11. Шишкина Д.Ю., Романюк О.Л. Особенности распределения меди, цинка и марганца в агроландшафтах Ростовской области // Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды : материалы Всероссийской науч. конф. Иркутск, 2007. Т. 1. С. 248–251.

12. Коханистая Н.В. Влияние сельскохозяйственной деятельности на распределение никеля в почвах Ростовской области // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2013. № 3. С. 86–90.

13. ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., 2006. 15 с.

14. ГН 2.1.7.2511–09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М., 2009. 11 с.

15. Козыренко М.И. Эколого-геохимическая оценка трансформации почв в зоне воздействия лакокрасочного производства: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Минск, 2013.

References

1. Privalenko V.V., Ostroukhova V.M., Dombrovskii Yu.A., Shustova V.L., Bazelyuk A.A., Ostrobod'ko N.P. *Ekologo-geokhimicheskie issledovaniya gorodov Nizhnego Dona* [Ecological and geochemical studies of the cities of the Lower Don]. Rostov-on-Don, 1993, 268 p.
2. Zakrutkin V.E., Skripka G.I., Shishkina D.Yu. *Ekologo-geokhimicheskaya otsenka landshaftov Rostovana-Donu v zone vliyaniya RTETs-3* [Ecological-geochemical estimation of landscapes of Rostov-on-Don in the zone of influence RHGS-3]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki*, 1996, no 3, pp. 55-63.
3. Privalenko V.V., Bezuglova O.S. *Ekologicheskie problemy antropogennykh landshaftov Rostovskoi oblasti* [Ecological problems of anthropogenic landscapes of the Rostov Region]. Vol. 1. *Ekologiya goroda Rostovana-Donu* [Ecology of the city of Rostov-on-Don]. Rostov-on-Don, 2003, 290 p.
4. Privalenko V.V., Kuznetsov I.N., Demchenko S.G. *Ekologo-geokhimicheskii monitoring na poligonakh TOPP g. Rostovana-Donu* [Ecological and geochemical

monitoring of landfills POMB of Rostov-on-Don]. Rostov-on-Don, 2009, 297 p.

5. Kapralova O.A., Kolesnikov S.I. Vliyanie zagryazneniya tyazhelymi metallami na ekologo-biologicheskie svoystva pochv g. Rostova-na-Donu [Influence of heavy metal pollution in the ecological and biological properties of soils in Rostov-on-Don]. *Nauchnaya mysl' Kavkaza*, 2012, no 1, pp. 69-72.

6. SanPiN 2.1.7.1287-03. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k kachestvu pochvy [SanPiN 2.1.7.1287-03. Sanitary requirements to the quality of the soil]. Moscow, 2003.

7. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. *Geokhimiya okruzhayushchei sredy* [Geochemistry of the environment]. Moscow, 1990, 335 p.

8. Zakrutkin V.E. Shishkina D.Yu., Berezutskii S.V. [Mercury and cadmium in soils and crops Rostov Region]. *Problemy geologii, poleznykh iskopaemykh i ekologii yuga Rossii i Kavkaza* [Problems of geology, mineral resources and ecology of Southern Russia and the Caucasus]. Proceedings of the 2 International Scientific Conference. Novocherkassk, 1999, pp. 46-49.

9. Zakrutkin V.E. *Geokhimiya landshafta i tekhnogenez* [Landscape geochemistry and technogenesis]. Rostov-on-Don, 2002, 308 p.

10. Romanyuk O.L. *Geokhimiya svintsa i kadmiya v agrolandshaftakh Rostovskoi oblasti* [Geochemistry of lead and cadmium in agricultural landscapes of Rostov

Region]: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Rostov-on-Don, 2005.

11. Shishkina D.Yu., Romanyuk O.L. [Features of distribution of copper, zinc and manganese in the agricultural landscapes of the Rostov region]. *Problemy geokhimii endogennykh protsessov i okruzhayushchei sredy* [Problems of geochemistry of endogenous processes and the environment]. Proceedings of the scientific conference. Irkutsk, 2007, vol. 1, pp. 248-251.

12. Kokhanistaya N.V. Vliyanie sel'skokhozyaistvennoi deyatel'nosti na raspredelenie nikelya v pochvakh Rostovskoi oblasti [The impact of agricultural activity on the distribution of nickel in soils of the Rostov Region]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki*, 2013, no 3, pp. 86-90.

13. GN 2.1.7.2041-06. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve* [GN 2.1.7.2041-06. The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil]. Moscow, 2006, 15 p.

14. GN 2.1.7.2511-09. *Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve* [GN 2.1.7.2511-09. Approximate permissible concentrations (APC) of chemical substances in the soil]. Moscow, 2009, 11 p.

15. Kozyrenko M.I. *Ekologo-geokhimicheskaya otsenka transformatsii pochv v zone vozdeistviya lakokrasochnogo proizvodstva* [Ecological-geochemical assessment of the transformation of soil in the affected area of paint production]: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Minsk, 2013.