

УДК 631.453

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕ ИНДУСТРИАЛЬНОГО, РЕКРЕАЦИОННОГО И СЕЛИТЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ГОРОДЕ УФЕ

© 2015 Л.Н. Белан¹, З.К. Амирова², А.У. Валиуллина¹, Л.Р. Шамсутдинова¹, А.А. Хакимова²

¹ Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности

² Башкирский республиканский научно-исследовательский экологический центр

Поступила в редакцию 27.05.2015

В работе приведены результаты изучения загрязнения тяжелыми металлами 1 класса опасности почвенного покрова 5 районов г. Уфы, различающихся техногенной нагрузкой. Проведено ранжирование городской территории в зависимости от токсической нагрузки на основе экспериментальных данных мониторинга 1996-2007 г.г. Определено валовое содержание тяжелых металлов (кадмия, ртути, свинца, цинка, хрома и токсичного металлоида - мышьяка). Установлено превышения ПДК РФ по содержанию свинца в индустриальной зоне (до 4 ПДК), цинка - на пересечении транспортных магистралей (до 6 ПДК), и повсеместное превышение содержания хрома (до 3 ПДК). Заложена основа создания экологической карты г. Уфы, предложены контрольные точки отбора проб для продолжения работ по мониторингу ТМ в городских почвах.

Ключевые слова: городская почва, загрязнение, тяжелые металлы, г. Уфа

Причиной загрязнения городских почв токсичными тяжелыми металлами (ТМ) является техногенное воздействие, накладываемое на естественный геохимический фон. Как обязательный компонент расчета риска для здоровья человека и оценки влияния на окружающую среду, содержание тяжелых металлов исследуется повсеместно, в том числе и в почве крупных промышленных городов. Вклад их в токсичность почвы составляет до 34,8% [1-4]. При загрязнении почвы ТМ ухудшается структура, водный режим, увеличивается плотность, уменьшается общая пористость почв. В результате загрязнений происходит угнетение растений, что способствует водной эрозии и дефляции почв. При максимальном химическом загрязнении почва утрачивает свои экологические функции [5, 6].

Почвы г. Уфы, расположенного в регионе Южного Урала имеют повышенный геохимический фон [7, 8]. Загрязненность почв г. Уфы ТМ изучена недостаточно, и выводы работ разных лет указывают на «мозаичность» содержания ТМ в почве Уфы [9, 10]. Установлено, что содержание валовых форм основных металлов не превышает ПДК, находятся на уровне ПДК по Pb и Ni (0,7 и 0,9 ПДК валовых форм соответственно) в северной части г. Уфы, и по Mn - в центральной (1,2 ПДК по подвижной форме). Установлено, что если суммарное загрязнение максимально в северной

части г. Уфы, затем следует центральная и южная, торастворимые формы металлов выше в южной и по снижению - в северной и центральной частях г. Уфы. Авторы характеризуют содержание подвижных форм ТМ в почве г. Уфы по от «допустимого» до «умеренно-опасного» уровня [10]. Для г. Уфы фоновые значения предложены для Cu - 10 мг/кг, Zn - 70, Pb - 2,6 и Cd - 0,2 мг/кг. По данным работы [9] индекс загрязнения районов г. Уфы ТМ составляет: в Орджоникидзевском - 5,1-34,3, в Калининском - 7,0-24,7, в Ленинском - 5,0-27,5, в Кировском - 7,0-16,3, в Октябрьском - 6,0-14,9, в Советском - 6,3-15,2, в Демском - 5,2-10,8 мг/кг.

В работах Госгидромета исследованы почвы Уфы в районе УМПО (0-5 км) и до 15 км в южном направлении. Установлено, что наиболее загрязненная ТМ зона находится в пределах 1 км. Среднее содержание Hb и Ni превышали ПДК и ОДК до максимальных значений 2 ПДК Pb и 2 ОДК Ni. Средние массовые доли Cu превышали фоновые в 3 раза. Отдельные участки загрязнены до 2 ОДК Cu и 5 Ф Cd. Почва исследованного района отнесена к «допустимой» категории, отдельные участки - к «умеренноопасным» [11].

Цель работы: изучение динамики содержания валовых форм ТМ в почвах г. Уфы и оценка уровня их загрязнения.

Работами Башкиргеологии в 2000-2001 г.г. показано, что валовое содержание Cu и Hg, а также подвижных форм Co, Cr и Si не превышает соответствующих ПДК и ОДК. Особенно загрязнен район БОС ОАО «Уфакимпром»: до 3 ПДК валовой и подвижных форм Pb, отмечен опасный уровень загрязнения по Ni в северной части г. Уфы, выявлены области с повышенным содержанием Zn (Сергиевское кладбище) [12]. Очевидно, что различия, полученные в работах исследователей, вызваны

Белан Лариса Николаевна, доктор геолого-минералогических наук, директор. E-mail: niibgdrb@yandex.ru

Амирова Зарема Канзафаровна, доктор биологических наук, заместитель директора. E-mail: amirova@rb-brec.ru

Валиуллина Алсу Ульфатовна, кандидат химических наук, заведующая отделом

Шамсутдинова Лейсан Рифовна, заведующая лабораторией

Хакимова Алия Альфридовна, научный сотрудник

неоднородностью самой матрицы - почвенного покрова, изменений, происходящих в почве под действием атмосферных осадков, воздействия дорожного строительства, обновления почвы парков и газонов и т.д. В связи с этим мониторинг почвенного покрова города остается актуальным для оценки накопления ТМ, контроля соответствия допустимого содержания токсичных ТМ, выявления локальных экстремальных загрязнений, планирования ландшафтного дизайна и инженерных изысканий.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлись пробы поверхностного слоя почвы г. Уфы в Кировском, Демском, Ленинском, Советском, Октябрьском, Орджоникидзев-

ском, Калининском районах и близлежащих территориях (Уфимский и Благовещенский районы). Пробы были отобраны в течение весенне-летнего периода, с конца апреля до конца сентября 1994 г. Образцы отобраны с учетом требований ГОСТ 17.4.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». Использованы стандартные методы подготовки проб. ТМ (Pb, Zn, Cd, Hg) определялись методом атомно-адсорбционной спектrophотометрии с атомизацией в пламени воздуха-ацетилен на приборе «Carl Zeiss Jena» марки AAS-3.

Результаты исследований. Описание точек отбора, тип использования земель участка отбора проб и валовое содержание токсичных металлов в пробах почвы приведены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание ТМ в почве районов г. Уфы (слой 0-0,5 см, мг/кг)*

Место отбора проб	тип	Свинец	Кадмий	Ртуть	Цинк	Хром
1	2	3	4	5	6	7
Кировский район						
1. Трамвайное кольцо "Зеленая роща"	с/т	10,16	0,32	0,016	-	145,0
2. Пересечение улиц Валиди/ Воровского	т	11,53	0,92	0,098	234,0	534,0
3. Южный водозабор	в/о	5,84	0,75	0,014	-	188,0
4. Пляж "Золотые пески"	р	7,11	0,47	0,78	-	313,0
Демский район						
5. ул. Колпинская, роддом	с	3,07	<0,1	0,022	55,0	187,0
6. Демский водозабор	в/о	4,83	0,74	0,023	66,0	291,0
Ленинский район						
7. Пересечение улиц Красина и Гафури	с/т	3,04	0,77	0,014	-	104,0
8. За мостом через р. Белую на Затон	т	21,37	0,78	0,075	235,0	161,0
9. Пляж "Сафроновская пристань"	р	6,07	0,19	0,036	142,0	280,0
10. Железнодорожный вокзал	т	16,24	0,34	0,029	-	144,0
11. Комбинат строительных материалов	п	15,89	1,40	0,020	1,80	170,0
12. Школа №22 (Нижегородка)	с	30,24	0,66	0,042	83,0	169,0
13. Фанерно-плиточный комбинат	п	12,83	0,72	0,073	51,0	176,0
14. Стадион УФПК	с	27,68	0,70	0,028	658,0	173,0
Советский район						
15. Пересечение ул. Мингажева и бул. Ибрагимова	п	1,56	0,76	0,021	-	182,0
16. Парк им. Якутова	р	13,47	0,92	0,029	50,0	176,0
Октябрьский район						
17. Пересечение пр. Октября и ул. им. 50 лет СССР	с/т	11,86	0,41	0,038	203,0	132,0
18. Сипайлово, пересечение ул. Гагарина и М. Рыльского	с/т	4,18	0,74	0,006	3,7	132,0
Орджоникидзевский район						
19. Парк им. Калинина	р	25,03	1,00	0,028	197,0	196,0
20. Детсад в п. Тимашево	с	16,92	0,69	0,028	-	178,0
21. Коллективный сад №12, поворот на п. Тимашево	р	22,16	0,97	0,092	22,0	173,0
22. Левый берег р. Чернушки, старая свалка ОАО "Химпром"	п	8,43	1,46	0,099	159,0	130,0
23. СЗЗ ОАО "Уфахимпром", полигон ГО	п	15,18	0,55	0,030	123,0	163,0
24. Свалка, за битумными ямами	п	3,67	0,49	0,026	74,0	157,0
25. Коллективный сад №6, Степановский поворот	р	5,67	1,45	0,043	-	230,0
26. Территория городской свалки	п	13,59	1,07	0,048	-	135,0
27. Цех №5 ОАО "Уфахимпром"	п	4,71	0,30	0,063	59,0	130,0
28. Цех №19 ОАО "Уфахимпром"	п	35,76	0,42	0,099	175,0	219,0

1	2	3	4	5	6	7
29. АБК ОАО "Уфахимпром", корпус 200	п	10,80	0,83	0,058	51,0	157,0
30. У заводоуправления ОАО "Уфахимпром"	п	9,49	0,62	0,095	96,0	172,0
31. База оборудования ОАО "Уфахимпром"	п	138,48	0,12	0,400	9,5	155,0
32. Цех №31 ОАО "Уфахимпром"	п	11,52	1,58	0,182	151,0	108,0
33. Правый берег р. Чернушки на территории ОАО "Уфахимпром"	п	7,61	0,37	0,062	-	112,0
34. БОС ОАО "Уфахимпром"	п	8,65	0,54	0,052	-	214,0
35. Магазин "Ресурс" на СЗЗ ОАО "Уфахимпром"	п	22,48	0,44	0,430	199,0	136,0
36. Адм. здание тр. БНЗС, ул. Горького	с	6,02	0,29	0,008	-	69,0
37. Промплощадка ОАО "Уфаворгсинтез" (север)	п	7,21	0,34	0,025	-	145,0
38. Промплощадка ОАО "Уфворгсинтез" (юг)	п	3,05	-	0,023	-	186,0
39. Территория ТЭЦ-4	п	7,66	0,53	0,022	135,0	185,0
40. Территория ОАО "Уфанефтехим"	п	6,79	0,74	0,023	-	202,0
41. Территория ТЭЦ-3	п	9,39	1,46	0,019	-	187,0
42. Территория ОАО УНПЗ	п	14,72	1,05	0,045	99,0	194,0
43. Между городской свалкой и д. Казанка	п	20,25	0,87	0,026	122,0	217,0
Калининский район						
44. Парк нефтяников	р	2,42	3,77	0,031	70,0	118,0
45. Шакша, у. Сельская, д. 4	с	3,67	1,03	0,022	-	179,0
46. Северный водозабор	в/о	5,17	0,74	0,020	103,0	134,0
47. УМПО, около здания отдела кадров	п	14,14	0,80	0,089	-	145,0
48. Инорс, ул. Цымлянская, д. 24	с	3,64	0,79	0,016	77,0	133,0
49. УМПО, у таксопарка	п	16,61	0,97	0,029	24,0	216,0
50. Территория ТЭЦ-2	п	31,95	0,30	0,069	179,0	137,0
Уфимский район						
51. Территория аэропорта, с северо-запада	т	20,58	0,63	0,019	-	217,0
52. Территория аэропорта, с юга	т	2,54	0,76	0,021	-	404,0
Благовещенский район						
53. Изьякский водозабор	в/о	10,43	0,46	0,014	62,0	222,0
ПДК		30,0	2,0	2,1	220,0	90,0

Примечание: * использование земель: с- селитебная, с/т - селитебно-транспортная, т - транспортная, п - промышленная, р - рекреационная, в/о - водоохранная

As обнаружен в 9 пробах, в том числе 14 мг/кг в водоохранной зоне, селитебно-транспортной - 11,0 мг/кг и от 11,0 до 115 мкг в промзоне на территории ОАО Уфахимпром» и городской свалки. Максимальные значения отдельных токсикантов обнаружены: 4,4 ПДК Pb - на территории ОАО «Уфахимпром», 1,9 ПДК Cd в парке Нефтяников, расположенный в северной промышленной части г. Уфы, 3 ПДК Cr на территории стадиона, расположенного вблизи фанерно-плитного комбината, 6 ПДК Cr зарегистрировано на пересечении крупных улиц Валиди-Воровского, в зоне возможного влияния завода «Уфимкабель». По результатам исследований рассчитаны средние значения для почвы районов г. Уфы (табл. 2).

На территории г. Уфы не выявлено значительного загрязнения Cd и Hg, однако с учетом появления повышенного риска загрязнения окружающей среды в связи с широким использованием осветительных приборов нового поколения, требуется организация мониторинга загрязнения ртути. На всей территории г. Уфы выявлены пробы с превышением ПДК Cr, среднее содержание в 2 раза превышает ПДК, максимальное - в 6 раз. Высокая

токсичность этого металла создает предпосылки для углубленного исследования причин повышенного загрязнения почвы в г. Уфе. Особое внимание следует уделить водоохраным зонам, относительно благополучным по другим исследуемым компонентам. Установлено превышение ПДК содержания Pb в промзоне, на территории ОАО «Уфахимпром» в 4,3 раза. Превышение по допустимому содержанию Zn в почве установлено в местах напряженного транспортного движения и в зоне влияния деревообрабатывающего предприятия. Загрязнение Zn максимально в селитебной зоне и в транспортных потоках города и превышает уровень промышленных зон. Значительный уровень Cd и Cr в рекреационных зонах также требует определения источников загрязнения, реабилитации почвенного покрова, очистку пляжей. Одной из причин загрязнения возможно использование песка, намываемого в реке Белая, вблизи промзон г. Уфы.

Данные исследования почвенного покрова г. Уфы сопоставлены с данными по крупным промышленным городам. Так, исследование почв парков Праги и центра металлургии Острова в

Чехии показало, что в Праге преимущественным компонентом является Pb (86 мг/кг) и Cu (28 мг/кг), в Острове эти уровни ниже (41 и 18 соответственно).

Таблица 2. Содержание металлов в почве районов г. Уфы (среднее, мг/кг)

Место отбора проб	число проб	Свинец	Кадмий	Ртуть	Цинк	Хром
Кировский район	4	8,66	0,62	0,23	234	295
Превышение ПДК	3	3,7	-	-	1,06	3,27
Демский район	2	3,95	0,74	0,02	60,5	239
Превышение ПДК	1	-	-	-	-	2,66
Ленинский район	8	16,67	0,69	0,04	195,1	172,1
Превышение ПДК	1	-	-	-	-	1,91
Советский район	2	7,52	0,84	0,03	50,0	179,0
Превышение ПДК	1	-	-	-	-	1,99
Октябрьский район	2	8,02	0,58	0,02	103,35	132
Превышение ПДК	1	-	-	-	-	1,47
Орджоникидзевский район	25	17,41	0,76	0,08	111,43	166,0
Превышение ПДК	1	-	-	-	-	1,84
Калининский район	7	11,09	1,20	0,04	90,60	151,71
Превышение ПДК	1	-	-	-	-	1,69
Среднее по г.Уфе	50	10,47	0,73	0,07	120,72	190,69
Превышение ПДК	9					
ПДК		32	2	2,1	220	90
Фон г. Уфы [9]		2,6	0,2	-	70	-

Таблица 3. Содержание ТМ по типам использования почвы (среднее), мг/кг

Использование земель	с	п	в/о	р	с/т	т
число проб	n=5	n=27	n=4	n=7	n=5	n=5
Pb	16,32	17,51	6,57	11,70	7,05	14,45
Cd	0,64	0,75	0,67	1,25	0,51	0,69
Hg	0,03	0,08	0,02	0,15	0,02	0,05
Zn	265,33	100,49	77,00	96,20	103,35	234,50
Cr	177,20	162,93	208,75	212,29	116,40	292,00

Примечание: * использование земель: с - селитебная, с/т - селитебно-транспортная, т - транспортная, п - промышленная, р - рекреационная, в/о - водоохранная

Максимально допустимые уровни превышены в Праге (Pb) и по Cd - в Острове. Причина - последствия применения этилированного бензина [13]. Исследования в городах Великобритании [14] и в Гонконге [15] показали, что основными источниками ТМ в почве городов является транспорт. Это особенно касается Zn, входящего в состав вулканизаторов шин, установлено, что в местах вынужденного снижения скорости (старт/ торможение) концентрация ТМ повышена. Исследования, проведенные в различных городах связывают повышенное загрязнение в почвенного покрова ТМ с большим количеством работающих промышленных предприятий и высокой степенью транспортной нагрузки. Так, при исследовании загрязнения жилой зоны Северного административного округа (САО) г. Москвы при анализе 247 образцов почвы из слоя 0-0,2 м установлено увеличение среднего

содержания Zn, Cd и Pb за 2009-2010 г.г., и в 2-3 раза превышение среднего показателя, установленного для всей территории г. Москвы. Для САО характерно поверхностное загрязнение Zn [16, 17].

Таблица 4. Сравнение содержаний валовых форм ТМ в почвенном покрове САО г. Москвы и г. Уфы, средние значения, мг/кг

Показатель	г. Уфа	САО г. Москва
Zn	120,7	124,78
Cd	0,73	0,77
Pb	10,47	43,92

Как следует из табл. 4, среднее валовое содержание Zn и Cd практически одинаково в двух городах, содержание свинца в уфимских почвах

ниже, чем в САО г. Москва и существенно ниже значений, установленных в почве г. Праги. Однако, учитывая высокую способность к биоаккумуляции, стабильность ТМ в окружающей среде и возможность прямого ингаляционного воздействия загрязненных аэрозольных и пылевых частиц на человека эти уровни являются элементами повышенного риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Panagos, P.* Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network / *P. Panagos, M. Van Liedekerke, Y. Yigini, L. Montanarella* // *Journal of Environmental and Public Health*. 2013. Article ID 158764, 11 pages.
2. Eusoils. Data Collection on Contaminated Sites 2011. http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/data/eionet/2011_Contaminated_Sites.htm, 2012.
3. *Abrahams, P.W.* Soils: their implications to human health // *Science of the Total Environment*. 2002. Vol. 291(1-3) P. 1-32.
4. *Lado, L.R.* Heavy metals in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database/ *L.R. Lado, T. Hengl, H.I. Reuter* // *Geoderma*. 2008. Vol.148(2). P.189-199.
5. *Колесников, С.И.* Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами / *С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков* // *Почвоведение*. 2002. №12. С. 1509-1514
6. *Черных, Н.А.* Экологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / *Н.А. Черных, Н.З. Малищченко, В.Ф. Ладонин*. – М.: Агроконсалт, 1999. 176 с.
7. *Большаков, В.А.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах // *Почвоведение*. 2002. № 7. С. 844-849.
8. *Опекунова, М.Г.* Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. Экологическое состояние / *М.Г. Опекунова, Н.В. Алексеева-Попова, И.Ю. Арестова* // *Вестник СПбГУ. Сер.7*. 2002. №1. С. 37-45.
9. *Пожидаева, Р.Х.* Экологическое состояние почвенно-растительного покрова г. Уфы и пути его улучшения / *Р.Х. Пожидаева, Е.Н. Санникова, Р.А. Фаткуллин* // *Экологические проблемы современности. Часть I*. – Уфа, 2006. С. 11-22.
10. *Даукаев, Р.А.* Эколого-гигиеническая оценка загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды в городе Уфе / *Р.А. Даукаев, В.О. Красовский* // *Вестник Тверского государственного университета*. 2008. № 7. С. 185-188.
11. Загрязнение почв РФ токсическими веществами промышленного происхождения в 2002 году. Ежегодник. – СПб., 2003. С. 28-29.
12. Информационный отчет «Гидрологическая съемка с геоэкологическими исследованиями для составления схематических карт» ООО «Башкиргеология». Книга 1. 2006. С. 135-142.
13. *Galushkova, L.* Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements / *L. Galushkova, O. Boruvka, D. Drabek* // *Soil & Water Res*. 2011. Vol. 6(2) P. 55-60.
14. Charlesworth, S. A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dust in a large and small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK / *S. Charlesworth, M. Everett, R. McCarthy et al.* // *Environ. International*. 2003. Vol. 29. P. 563-573.
15. *Li, X.* Heavy metal contamination of urban soils and street dust in Hong Kong Apply / *X. Li, C. Poon, P. Liu* // *Geochemistry*. 2001. Vol. 16. P. 1361-1368.
16. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2010 году». – М., 2010. 135 с.
17. *Мельникова, А.Д.* Изучение содержания тяжелых металлов и бенз(а)пирена в почвах Северного административного округа Москвы / *А.Д. Мельникова, П.А. Васильева, Д.М. Хомяков* // *АгроЭкоИнфо (электронный журнал)*. 2011. №2.
18. *Даукаев, Р.А.* Эколого-гигиенические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами в условиях промышленного комплекса / *Р.А. Даукаев, Р.А. Сулейманов* // *Башкирский экологический вестник*. 2007. № 2. С.35 - 37.
19. Отчет о НИР «Разработка экологической программы г. Уфы» Этап 1. «Оценка экологической ситуации. Книга 2. – НИИБЖД, 2001. С. 65-70.

HEAVY METALS IN SOILS OF INDUSTRIAL, RECREATIONAL AND RESIDENTIAL AREAS IN UFA CITY

© 2015 L.N. Belan¹, Z.K. Amirova², A.U. Valiullina¹, L.R. Shamsutdinova¹, A.R. Khakimova²

¹Scientific Research Institute of Life Safety

²Bashkir Republican Scientific Research Ecological Center

The paper presents the results of study the heavy metal class 1 danger pollution in soil cover of 5 areas in Ufa city, different anthropogenic load. A ranking of the urban territory depending on toxic loading on the basis of monitoring experimental data in 1996-2007. Defined the total content of heavy metals (cadmium, mercury, lead, zinc, chromium and toxic metalloid - arsenic). Established maximum permissible concentration in Russian Federation on the content of lead in industrial zone (up to 4 MPC), zinc - at the intersection of highways (6 MPC), and widespread above content of chromium (3 MAC). It lays the foundations for the creation of ecological map of Ufa, proposed control points of sampling for the continuation the monitoring of heavy metals in urban soils.

Key words: *urban soil pollution, heavy metals, Ufa city*

Larisa Belan, Doctor of Geology and Mineralogy, Director. E-mail: niibgdrb@yandex.ru; Zarema Amirova, Doctor of Biology, Deputy Director. E-mail: amirova@rb-brec.ru; Alsu Valiullina, Candidate of Chemistry, Head of the Department; Leysan Shamsutdinova, Chief of the Laboratory; Aliya Khakimova, Research Fellow