

УДК 504.85

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ДЕТСКОГО ПАРКА В Г. УЛЬЯНОВСКЕ

© 2011 О.А. Ефремова, И.В. Прокопенко<sup>1</sup>, Н.В. Прохорова<sup>2</sup>

В статье рассматриваются особенности накопления и пространственного распределения тяжелых металлов в почвенном покрове детского парка в г. Ульяновске. Дается оценка возможных источников полиметаллического загрязнения парковой территории.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, показатель абсолютного накопления, показатель относительного накопления.

### Введение

Урбанизация неизбежно ведет к полиметаллическому загрязнению природных сред в крупных промышленных городах. Разнообразные промышленные предприятия, автотранспорт, энергетика, строительная индустрия поставляют в окружающую среду огромные массы загрязняющих веществ, в том числе и целый комплекс тяжелых металлов, распределение которых в промышленных и рекреационных зонах городов существенно различается [5]. Рекреационные зоны городов, а среди них крупные городские парки, требуют особого внимания и экологической оценки.

Город Ульяновск является одним из крупнейших промышленных центров Приволжского Федерального округа, и экологические проблемы здесь проявляются достаточно остро. Наши исследования проводились на территории детского парка им. А. Матросова, расположенного в Ленинском районе г. Ульяновска, в зоне плотной городской застройки и пересечения крупных автотранспортных магистралей.

Границы изучаемого парка определяются следующим образом. С востока он граничит со стадионом гимназии № 2, с запада — с автотранспортной магистралью по ул. Железной Дивизии, с севера — с группой административных зданий по ул. Л. Толстого, с юга — с жилым массивом по ул. К. Либкнехта. Сам парк представляет собой искусственно созданное и постоянно поддерживаемое климаксное растительное сообщество, характеризующееся обедненным видовым составом

<sup>1</sup>Ефремова Оксана Анатольевна (o.a.efremova@yandex.ru), Прокопенко Ирина Владимировна (ira.prokopenko@gmail.com), кафедра химии Ульяновского государственного педагогического университета им. И.Н. Ульянова, 432700, Российская Федерация, г. Ульяновск, пл. им. 100-летия со дня рождения Ленина, 4.

<sup>2</sup>Прохорова Наталья Владимировна (ecology@ssu.samara.ru), кафедра экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета, 443011, Российская Федерация, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

естественной аборигенной флоры и несколько большим разнообразием интродуцентов и рудеральных видов. По формальным признакам данную территорию следует считать не столько нарушенной, сколько окультуренной. Но в настоящее время парк находится в запущенном состоянии, насаждения не получают должного ухода, происходит вытаптывание травяного покрова и переуплотнение почв целого ряда участков.

Окружающие парк автотранспортные магистрали являются источниками тяжелых металлов, которые могут также переноситься к территории парка в составе выбросов промышленных предприятий. Известно, что многие тяжелые металлы весьма токсичны. Они сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся: период полуудаления Zn из почв — до 500 лет, Cd — до 1100 лет, Cu — до 1500 лет, Pb — до нескольких тысяч лет [1]. Особенно активным поставщиком тяжелых металлов является автотранспорт. Это показано многочисленными исследованиями, в том числе подобные исследования ранее были проведены в г. Самаре [4; 5] и г. Ульяновске [2; 3].

Вместе с тем для г. Ульяновска детский парк им. А. Матросова имеет очень важное природоохранное, образовательное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. Поэтому целью нашего исследования были количественная оценка пространственного распределения тяжелых металлов в почвенном покрове данного парка и выявление основных источников поступления тяжелых металлов на парковую территорию.

## Методика исследований

Для проведения эколого-биогеохимических исследований на территории детского парка им. А. Матросова было заложено 7 пробных площадей (рис. 1), на каждой из которых общепринятыми в почвоведении и биогеохимии методами были отобраны почвенные образцы из слоя 0–15 см.

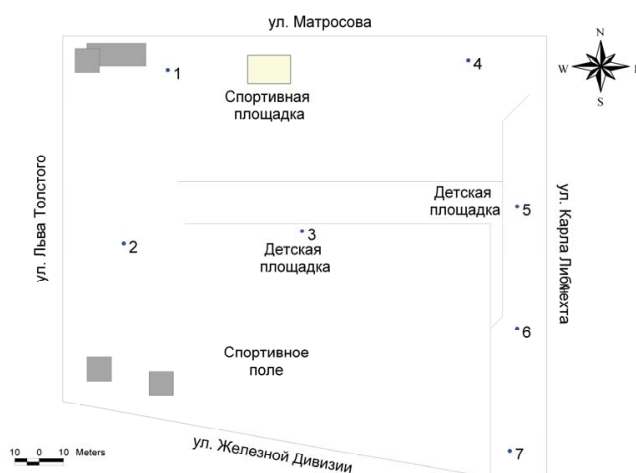


Рис. 1. Картограмма расположения пробных площадей (1–7) на территории детского парка им. А. Матросова

Количественное определение валового содержания тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd) в почвенных образцах проводили атомно-абсорбционным методом. Для оценки процессов миграции и аккумуляции металлов в почвенном покрове парка использовали следующие показатели: показатель абсолютного накопления (ПАН), рассчитываемый по формуле  $ПАН = C - C_{\text{ф}}$ , и показатель относительного накопления (ПОН), рассчитываемый по формуле  $ПОН = C - C_{\text{ф}} / C_{\text{ф}}$ . В обеих формулах  $C$  — концентрация тяжелых металлов на экспериментальной пробной площади;  $C_{\text{ф}}$  — фоновая концентрация.

## Результаты и их обсуждение

Среднее валовое содержание всех анализируемых элементов в почвенном покрове изучаемых пробных площадей, заложенных на территории детского парка им. А. Матросова, представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Валовое содержание тяжелых металлов в почвах изучаемых пробных площадей и фонового участка**

Пробная площадь	Концентрация, мг/кг				
	Cu	Pb	Cd	Zn	Ni
1	5,7	7,0	0,27	15,6	7,7
2	24,0	22,5	0,52	31,5	7,7
3	15,1	25,0	0,54	30,0	9,0
4	8,1	11,0	0,41	26,0	5,8
5	29,0	27,0	0,48	30,4	6,0
6	31,0	40,0	0,68	32,5	8,7
7	37,5	56,0	0,70	31,5	7,5
Фон	18,2	2,3	0,2	16,0	1,6

Как следует из табл. 1, минимальные значения среднего содержания большинства анализируемых металлов были выявлены в почвах пробной площади 1. Максимальными показателями по содержанию Cu, Pb, Cd характеризовались почвы пробной площади 7, Zn и Ni — пробной площади 6, которые непосредственно примыкают к ул. К. Либкнехта с напряженной автотранспортной магистралью. На автотранспортную составляющую, в частности, указывает очень высокая концентрация свинца в почвах этих пробных площадей.

По результатам элементного анализа были составлены компьютерные картосхемы распределения каждого анализируемого элемента в почвенном покрове детского парка. В качестве примера на рис. 2 показано пространственное распределение Pb и Ni.

Характер пространственного распределения металлов в почвенном покрове парка для большинства элементов (Pb, Cd, Cu, Zn) оказался сходным и отличался постепенным увеличением концентраций в направлении с севера на юг. Индивидуальные особенности распределения проявились только у Ni, для которого максимальные концентрации были выявлены в центральной части парка на территории детской площадки (пробная площадь 3).

Кроме того, анализ картосхем позволил выделить в районе исследований от 6 до 8 зон с одинаковым валовым содержанием тяжелых металлов в почве. Весовым методом произвели оценку площади каждой такой зоны и рассчитали массу

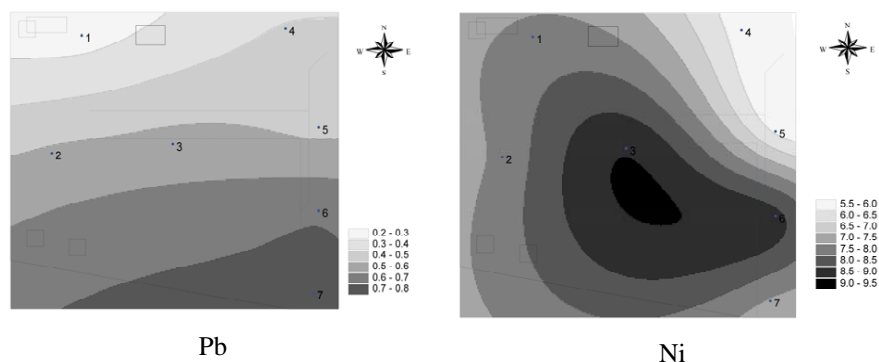


Рис. 2. Пространственное распределение Pb и Ni в почвенном покрове детского парка им. А. Матросова

каждого элемента в почвах этих зон. Массы накопившихся в почвах каждой зоны металлов представлены в табл. 2 и в среднем составили для Pb — 161,5 кг, Cd — 3,43 кг, Zn — 132,27 кг, Cu — 192,4 кг, Ni — 75,9 кг.

Для расчета показателя абсолютного накопления и показателя относительного накопления использовали данные о содержании тяжелых металлов в почвах парка и фонового (условно чистого) участка (табл. 3).

ПАН свидетельствует, какая масса конкретного химического элемента накопилась в результате определенных процессов (как природных, так и техногенных) на единице площади в концентрациях, превышающих региональное фоновое содержание.

Таблица 2

**Показатель абсолютного накопления, площади зон с различной концентрацией металла и масса тяжелых металлов в каждой выделенной зоне**

Элемент	ПАН, мг/кг								S зоны, м <sup>2</sup>								М, кг							
									№ зоны															
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Pb	52,7	42,7	32,7	22,7	12,7	2,7	—	—	673,2	491,5	9483,4	9955,8	10288,9	10238,7	—	—	6,3	4,1	68,8	50,1	26,1	6,1	—	—
Cd	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15	0,05	—	—	5809,7	12330,4	8494,1	10238,7	5809,1	2212,4	—	—	0,71	1,2	0,7	0,6	0,2	0,02	—	—
Zn	21	17	11	7	1	-3	—	—	6604,04	18629,7	9448,4	4785,3	3011,6	638	—	—	30,8	70,3	23,07	7,4	0,7	-0,5	—	—
Cu	19	14,8	8,8	4,8	-1,2	-5,2	-11,2	-15,2	2983,2	8304,9	7611,2	5955,2	4905,08	5474,4	5208,7	3229,2	24,6	60,9	45,7	30,5	18,6	2,7	8,0	1,4
Ni	5,1	5,7	6,1	7,1	7,7	5,1	4,7	4,1	5671,2	11456,8	9876,6	8685,2	1240,6	1467,2	1309,3	3229,2	6,4	14,4	13,3	14,9	21,1	1,6	1,3	2,9

ПОН дает сравнительную характеристику преимущественного накопления элемента в рассматриваемом ландшафте. По величине этого показателя можно сделать выводы не только о накоплении, но и о процессах выноса химических элементов за пределы рассматриваемого ландшафта.

Показатели ПАН и ПОН для почв исследуемого парка представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Показатели относительного и абсолютного накопления тяжелых металлов в почвах изучаемых пробных площадей (ПОН/ПАН, мг/кг)**

Пробная площадь	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
1	-0,025/-0,4	-0,687/-12,5	2,043/4,7	0,35/0,07	3,812/6,1
2	0,969/15,5	0,319/5,8	8,782/20,2	1,6/0,32	3,812/6,1
3	0,875/14	-0,170/-3,1	9,869/22,7	1,7/0,34	4,625/7,4
4	0,625/10	-0,554/-10,1	3,782/8,7	1,05/0,21	2,625/4,2
5	0,9/14,4	0,703/12,8	10,739/24,7	1,4/0,28	2,75/4,4
6	1,031/16,5	1,198/21,8	16,391/37,7	2,4/0,48	4,438/7,1
7	0,969/15,5	1,060/19,3	23,348/53,7	2,5/0,5	3,689/5,9

Из табл. 1–3 следует, что абсолютное и относительное накопление всех анализируемых тяжелых металлов в почве пробной площади 7 превышает фоновое значение в несколько раз.

В почвах детского парка содержание Zn изменяется в пределах от 15,6 до 32,5 мг/кг. На уровне фонового содержания Zn накапливался только в почве пробной площади 1. На всех остальных пробных площадях концентрация Zn превышала фоновую концентрацию примерно в 2 раза.

Фоновое содержание Cu в почве равно 18,2 мг/кг. В почвах детского парка содержание Cu изменялось в пределах от 5,7 до 37,5 мг/кг. На пробных площадях 2, 5, 6, 7 концентрация Cu превышала фоновое содержание примерно в 1,5 раза. На остальных площадях концентрация Cu была ниже фоновой.

Фоновая концентрация Pb составляет 2,3 мг/кг. В почвах детского парка содержание Pb изменялось в пределах от 7 до 56 мг/кг. Таким образом, на всех пробных площадях содержание Pb существенно превышало фоновые значения. При этом на пробных площадях 2, 3, 5 это превышение фоновых концентраций было в 10 раз, а на пробной площади 7 — почти в 30 раз.

Фоновое содержание Ni в почве равно 1,6 мг/кг. В почве парка содержание Ni изменялось в пределах от 5,8 до 9 мг/кг. Концентрация Ni в почве на всех пробных площадях была выше фоновой в 3,6–5,6 раз.

Фоновое содержание Cd в почве равно 0,2 мг/кг. Содержание Cd в почвах детского парка изменялось в пределах от 0,27 до 0,7 мг/кг. На уровне фонового содержания концентрация кадмия была выявлена только в почве на пробной площади 2. На всех остальных пробных площадях концентрация Cd превышала фоновую в 1,5–3,5 раза.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о преимущественном накоплении в почвах городского детского парка им. А. Матросова Pb, что свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке, возникающей под воздействием автотранспорта. Выявленные нами повышенные концентрации тяжелых металлов в почвах исследуемого парка, прежде всего Pb, могут отрицательно влиять на здоровье людей и, что особенно тревожно, на здоровье детей, так как

функционально парк является детским. Полученные нами результаты выявляют необходимость в регулярных мониторинговых обследованиях территории парка и разработке мер по ее экологической реабилитации.

## Литература

- [1] Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
- [2] Содержание тяжелых металлов в почвах Ульяновской области / И.В. Прокопенко [и др.] // Экологические проблемы и пути их решения в зоне Среднего Поволжья: материалы Всероссийской конференции. Саранск, 1999. С. 68–69.
- [3] Прокопенко И.В., Айметова А.М., Кочеткова В.Д. Влияние близости автомагистрали на содержание тяжелых металлов в почве и растениях // Эко-аналитика-2000: тез. докл. IV Всероссийской конференции. Краснодар, 2000. С. 341–342.
- [4] Прохорова Н.В. Эколого-геохимическая роль автотранспорта в условиях городской среды // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. 2005. № 5(39). С. 188–199.
- [5] Прохорова Н.В., Ермолаева Л.С., Строкина Н.О. Тяжелые металлы в почвах и растениях Ботанического сада Самарского госуниверситета // Самарская Лука. 2007. Т. 16. № 4(22). С. 784–793.

Поступила в редакцию 1/IX/2011;  
в окончательном варианте — 1/IX/2011.

## HEAVY METALS IN SOIL COVER OF ULIANOVSK CITY CHILDREN PARK

© 2011 О.А. Efremova, I.V. Prokopenko,<sup>3</sup> N.V. Prokhorova<sup>4</sup>

The features of heavy metals content and lateral distribution of heavy metals in soil cover of Ulianovsk city children park are described in the article. The possible sources of polymetallic territory pollution are discussed.

**Key words:** heavy metals, absolute accumulation index, comparative accumulation index.

Paper received 1/IX/2011.  
Paper accepted 1/IX/2011.

<sup>3</sup>Efremova Oksana Anatolievna (o.a.efremova@yandex.ru), Prokopenko Irina Vladimirovna (ira.prokopenko@gmail.com), the Dept. of Chemistry, Ulianovsk State Teachers' Training University, Ulianovsk, 432700, Russian Federation.

<sup>4</sup>Prokhorova Natalia Vladimirovna (ecology@ssu.samara.ru), the Dept. of Ecology, Botany and Nature Protection, Samara State University, Samara, 443086, Russian Federation.