УДК 631.4:504.53/54

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПРИРОДНОГО ПАРКА ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ ПРИОРИТЕТНЫМИ ЭКОТОКСИКАНТАМИ

Э.В. Тишкина, Т.А. Парамонова, С.Ф. Краснов, Д.О. Толстихин

Почвы природного парка Воробьевы горы характеризуются значительным накоплением техногенных экотоксикантов. Ореолы почв опасных категорий загрязнения занимают ~60% площади по содержанию бенз(а)пирена, ~40% — тяжелых металлов, ~6% — нефтепродуктов. Помимо общей высокой аэрогенной нагрузки локальными источниками загрязнения почв городов являются автомагистрали; повышенные концентрации тяжелых металлов отмечаются также вблизи несанкционированных свалок. Бенз(а)пирен и нефтепродукты в почвах характеризуются высокой миграционной способностью и могут образовывать вторичные ореолы загрязнения в аккумулятивных фациях ландшафта.

Ключевые слова: загрязнение почв городов, тяжелые металлы, нефтепродукты, бенз(а)пирен.

Введение

Проблема загрязнения городских почв техногенными экотоксикантами, среди которых приоритетными являются тяжелые металлы (ТМ), нефтепродукты (НП) и бенз(а)пирен (БП), привлекает активное внимание экологов начиная с 60-х годов прошлого века. Источниками загрязнения городских почв служат атмосферные выбросы промышленных предприятий, сбросы сточных вод, производственные и коммунальные отходы, жилищное строительство, транспорт и другие виды антропогенной активности, сконцентрированные в городах. В настоящее время наиболее значимым источником загрязнения окружающей среды считается автотранспорт [14], в выхлопных газах которого содержится около 40 химических веществ; большинство из них токсично для живых организмов.

Исследования [2, 5—8, 10, 11] подтверждают положение, что основные почвопокровные площади Москвы отличаются повышенным содержанием всех групп техногенных загрязнителей (ТМ, НП, БП). Подсчитано, что около 25% почв здесь загрязнены сильно или очень сильно и столько же относятся к слабозагрязненным [8]. Условно «чистыми» в черте города считаются почвы лесопарков, поскольку поток поллютантов перехватывается там приграничными (буферными) почворастительными полосами, которые препятствуют проникновению загрязнителей в глубь залесенных пространств. В отличие от лесопарковых массивов, меньшие по площади городские парки, такие как Воробьевы горы, располагающиеся в центральной части города и окруженные многочисленными потенциальными источниками загрязнения, испытывают более значительный техногенный прессинг и, следовательно, в условиях быстро меняющейся городской геохимической обстановки более чувствительны к происходящим негативным изменениям. По сравнению с почвами скверов и бульваров, где осуществляется отчуждение листового опада, периодическая подсыпка свежего плодородного слоя, а также проводятся земляные работы, перемешивающие слои почв и грунтов, почвы парков, как правило, не подвергаются рекультивации в массовом порядке, что приводит к формированию в них устойчивых ореолов загрязнения. Таким образом, они могут служить оперативным и объективным «индикатором» общей геохимической ситуации в пределах города.

Цель работы: на основе подробного геохимического обследования участка природного парка Воробьевы горы оценить современный уровень загрязнения почв основными техногенными экотоксикантами и охарактеризовать особенности их распределения в почвенном покрове исследуемой территории, что дает возможность создания информационной основы для проведения дальнейших исследований мониторингового характера.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в пределах природного парка Воробьевы горы на участке склона относительно сложной конфигурации, характеризующегося существенным антропогенным преобразованием (результат организации и благоустройства парка, а также строительства метрополитена в 50—60-х гг. XX в.). Общая площадь территории исследования составляет 11,1 га. Основная ее часть расположена между ул. Косыгина, Воробьевской набережной и Лужнецким мостом.

Основу фонового загрязнения почв парка Воробьевы горы создают атмосферные примеси, поступающие из множественных источников выбросов

в воздух мегаполиса и рассеивающиеся над территорией Москвы, постепенно поступая на поверхность в процессах сухого осаждения и мокрого выпадения. Локальными источниками техногенного загрязнения почвенного покрова исследуемого участка являются крупные автомагистрали (ул. Косыгина, Лужнецкий мост), а также несанкционированные свалки бытовых и строительных отходов вокруг пикниковых точек и заброшенных технических объектов (эскалаторная галерея и др.).

Отбор образцов почвы на химический анализ в каждой точке был осуществлен методом «конверта» с общей площади 25 м^2. Пробы отбирали с глубины 0—20 см [4] в количестве 43 шт. с учетом размещения потенциальных источников загрязнения и рельефа местности.

В пробах почв был проведен анализ содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов, в 13 из них — анализ содержания бенз(а)пирена. Концентрацию ТМ определяли количественным спектральным атомно-эмиссионным методом; содержание ртути — методом беспламенной атомной абсорбции; анализ содержания нефтепродуктов — методом инфракрасной спектроскопии; анализ бенз(а)пирена — методом спектроскопии с эффектом Шпольского с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Общий уровень загрязнения почв тяжелыми металлами оценивали на основании расчета суммарного показателя загрязнения (Zc), предложенного Ю. Саетом: $Zc = \sum Kc - (n - 1)$, где Kc — коэффициент концентрации химического элемента, n — число учитываемых элементов. Коэффициент концентрации химического элемента определяли из отношения: $Kc = Ci/Cф$, где Ci — содержание элемента в исследуемом образце; $Cф$ — фоновое содержание элемента. Фоновые концентрации тяжелых металлов были приняты в соответствии с [1, 13].

Степень загрязнения почв нефтепродуктами определяли в соответствии с градацией, разработанной Ю.И. Пиковским [9]. Согласно этим критериям, концентрации НП от 100 до 500 мг/кг можно считать повышенным фоном. Нефтепродукты в таких количествах активно утилизируются микроорганизмами или вымываются дождевыми потоками без вмешательства человека.

Степень загрязнения почв бенз(а)пиреном определялась отношением его содержания в почве к величине ПДК = 0,02 мг/кг [3].

Результаты и их обсуждение

На основе результатов крупномасштабной почвенной съемки (1:1000) была выявлена высокая степень антропогенного преобразования почвенного покрова территории парка Воробьевы горы. Основная доля почвенного покрова принадлежит антропогенным (55% общей площади) и естественно-антропогенным (18% площади) почвам. Антропогенные почвы — урбаноземы (47% общей площади) и реплантоземы (8% площади) характеризуются глубокими преобразованиями естественных почвенных профилей до глубины 50 см и более. Профиль урбаноземов состоит из серии горизонтов «урбик», слабо связанных генетически с нижними горизонтами почв и содержащих включения бытовых и строительных отходов. Реплантоземы — искусственно созданные почвы, состоящие из маломощного органо-минерального слоя, нанесенного на поверхность рекультивируемой породы.

Естественно-антропогенные почвы территории — урбо-дерновые, урбо-дерново-подзолистые, урбо-дерново-глеевые и урбо-аллювиальные — обладают меньшей измененностью профиля и отличаются от природных аналогов лишь наличием поверхностного насыпного горизонта «урбик» с редкими включениями бытовых и строительных отходов [11].

Естественные почвы составляют на исследованной территории всего ~11% и представлены дерновыми почвами разной степени эродированности.

В результате исследований выявлено, что по уровням среднего накопления ТМ только реплантоземы природного парка Воробьевы горы соответствуют характеристикам их фонового (кларкового) содержания в почвах Московской обл. (табл. 1). Это определяется экологически благоприятными свойствами привозного почвенно-торфяного слоя, который использовали для рекультивации нарушенных земель, и относительно непродолжительным временем его экспонирования на дневной поверхности в условиях мегаполиса. В то же время наиболее высокими средними уровнями накопления ТМ отличаются дерновые и урбо-дерновые почвы, ареал распространения которых приурочен к верхней части склона Воробьевых гор, примыкающей к ул. Косыгина. Аккумуляция ТМ в других типах почв исследованной территории существенно ниже, что свидетельствует о значимости автомагистралей как локальных источников загрязнения почвенного покрова даже при общей высокой аэрогенной нагрузке на наземные экосистемы города. В то же время в урбаноземах оглеенных отмечаются наиболее высокие средние концентрации соединений никеля, кобальта и бора, что говорит о возможности вторичного перераспределения поступивших ТМ в системе геохимических сопряженных ландшафтов с их относительным накоплением в почвах транзитно-аккумулятивных позиций.

В целом, почвы природного парка Воробьевы горы характеризуются большим размахом содержания ТМ. Особенно существенно (до 120—300%) варьирование концентраций соединений олова, серебра и свинца, которые на порядок различаются в точках опробования, в то время как природ-

Таблица 1

Статистические параметры варьирования содержания тяжелых металлов в почвах парка Воробьевы горы, мг/кг

Показатель	Pb	Hg	Zn	Cu	Mo	Sn	Ni	Cr	Co	B	Ag	Mn	V
Все почвы территории (n = 43)													
Среднее	52,9	0,20	167,2	57,7	2,9	20,6	40,7	56,4	8,8	43,0	0,3	715,6	49,5
Минимум	12,0	0,06	30,0	27,0	2,0	3,0	19,0	30,0	3,0	29,0	0,0	280,0	14,0
Максимум	400,0	0,50	360,0	200,0	4,0	400,0	65,0	82,0	15,0	85,0	3,0	1600,0	68,0
Коэффициент вариации, %	117	50	40	54	22	300	28	18	28	24	165	47	25
Дерновые (n = 2)													
Среднее	39,5	0,22	200,0	115,0	3,5	15,5	48,5	69,0	10,0	51,5	0,1	825,0	63,5
Минимум	37,0	0,20	190,0	100,0	3,0	12,0	47,0	56,0	10,0	51,0	0,1	550,0	62,0
Максимум	42,0	0,23	210,0	130,0	4,0	19,0	50,0	82,0	10,0	52,0	0,1	1100,0	65,0
Коэффициент вариации, %	9	10	7	18	20	32	4	27	0	1	0	47	3
Урбо-дерновые (n = 6)													
Среднее	106,6	0,16	166,0	71,2	3,0	90,6	38,2	56,0	8,8	44,2	0,1	846,0	51,4
Минимум	20,0	0,12	90,0	28,0	2,0	5,0	31,0	42,0	7,0	41,0	0,0	580,0	39,0
Максимум	400,0	0,21	360,0	200,0	4,0	400,0	48,0	66,0	10,0	47,0	0,3	1400,0	65,0
Коэффициент вариации, %	154	25	67	102	24	191	19	17	15	6	109	42	22
Урбо-дерново-глеевые (n = 5)													
Среднее	35,8	0,16	165,0	40,8	2,8	6,3	38,8	55,7	8,3	40,7	0,2	651,7	45,3
Минимум	22,0	0,11	100,0	27,0	2,0	3,0	28,0	44,0	6,0	32,0	0,0	290,0	28,0
Максимум	55,0	0,23	260,0	54,0	3,0	8,0	50,0	66,0	12,0	54,0	0,2	1500,0	66,0
Коэффициент вариации, %	35	29	38	25	14	29	24	17	29	20	56	71	29
Урбаноземы (n = 24)													
Среднее	54,7	0,24	177,0	57,0	2,9	8,6	40,1	55,3	8,5	40,9	0,4	621,0	47,8
Минимум	18,0	0,10	50,0	30,0	2,0	4,0	25,0	38,0	5,0	30,0	0,0	360,0	22,0
Максимум	200,0	0,50	330,0	130,0	4,0	21,0	65,0	82,0	14,0	54,0	3,0	1200,0	68,0
Коэффициент вариации, %	73	55	38	36	25	51	30	19	29	20	152	30	25
Урбаноземы оглеенные (n = 6)													
Среднее	36,2	0,19	168,3	55,0	2,7	29,2	48,7	59,0	11,2	53,0	0,2	945,0	59,0
Минимум	28,0	0,11	110,0	35,0	2,0	5,0	32,0	52,0	8,0	35,0	0,0	520,0	49,0
Максимум	45,0	0,25	210,0	66,0	3,0	122,0	65,0	66,0	15,0	85,0	0,3	1400,0	66,0
Коэффициент вариации, %	18	29	22	20	19	156	27	9	22	34	70	37	10
Реплантоземы (n = 4)													
Среднее	25,5	0,10	80,0	37,0	2,0	4,0	28,0	46,0	6,0	38,5	0,2	940,0	35,0
Минимум	12,0	0,06	30,0	29,0	2,0	3,0	19,0	30,0	3,0	29,0	0,2	280,0	14,0
Максимум	39,0	0,14	130,0	45,0	2,0	5,0	37,0	62,0	9,0	48,0	0,2	1600,0	56,0
Коэффициент вариации, %	75	53	88	31	0	35	45	49	71	35	0	99	85
Кларки почв Подмосковья по [1]													
	25,7	0,01	50,0	27,0	1,0	5,2	20,0	46,0	7,2	38,0	0,1	670,0	64,0

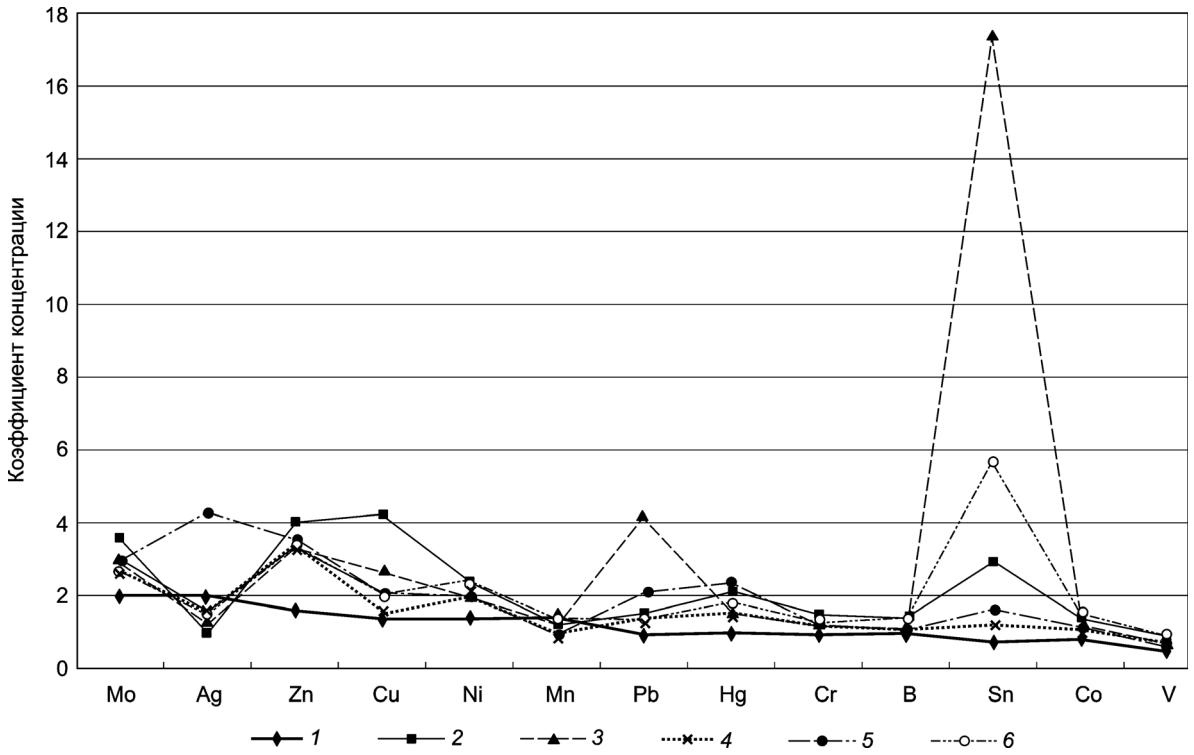


Рис. 1. Геохимические спектры тяжелых металлов в почвах парка Воробьевы горы: *1* — реплантоземы; *2* — дерновые; *3* — урбо-дерновые; *4* — урбо-дерново-глеевые; *5* — урбаноземы; *6* — урбаноземы оглеенные

ная изменчивость содержания соединений свинца в фоновых почвах Подмосковья оценивается как 15—20% [6].

По сравнению с фоновым содержанием ТМ в компонентах природного почвенного покрова Московской обл. почвы парка Воробьевы горы в среднем содержат в 3—4 раза больше соединений олова и цинка, в 2—3 раза — соединений свинца, ртути, меди, молибдена, никеля и серебра. Количество соединений хрома, кобальта, бора, марганца и ванадия повышено не более чем в 1,2 раза, что не выходит за рамки естественного варьирования показателей.

Наиболее простыми и малоконтрастными геохимическими спектрами отличаются экологически «чистые» реплантоземы территории (рис. 1). По сравнению с ними в большинстве почв парка заметно повышено содержание соединений цинка, свинца и олова. Кроме того, в отдельных типах почв ведущее значение могут приобретать медь (дерновые почвы), ртуть и серебро (урбаноземы). В целом загрязнение почв парка Воробьевы горы ТМ имеет полиэлементный характер при сравнительно однородном качественном составе (табл. 2). В почвах с минимальной и допустимой средней категорией загрязнения — реплантоземах и урбо-дерново-глеевых — незначительно концентрируются соединения молибдена и серебра. По мере увеличения общего уровня загрязнения почв к данной ассоциации ТМ присоединяются соединения цинка, олова, свинца, ртути, никеля и меди. Наиболее высокие уровни интегрального накопления ТМ связаны с локальными ореолами загрязнения почв соединениями олова и свинца, поступающими в окружающую среду с выбросами автотранспорта, а также предприятий аккумуляторного и радиаторного производств, точного машиностроения, цветной металлургии, производства лакокрасочной продукции.

Таблица 2

Формула загрязнения и суммарный показатель концентраций тяжелых металлов в почвах парка Воробьевы горы

Почвы	Формула загрязнения	*Zc*	Категория загрязнения почв
Все почвы территории	$Sn_{4,0}Zn_{3,3}Mo_{2,9}Ag_{2,8}Pb_{2,1}Cu_{2,1}Hg_{2,0}Ni_{2,0}$	15,6	допустимая
Дерновые	$Cu_{4,3}Zn_{4,3}Mo_{3,5}Sn_{3,0}Ni_{2,4}Hg_{2,2}$	17,5	умеренно опасная
Урбо-дерновые	$Sn_{17,4}Pb_{4,1}Zn_{3,3}Mo_{3,0}Cu_{2,6}$	26,9	умеренно опасная
Урбо-дерново-глеевые	$Zn_{3,3}Mo_{2,8}$	9,5	допустимая
Урбаноземы	$Ag_{4,3}Zn_{3,5}Mo_{2,9}Hg_{2,4}Pb_{2,1}Cu_{2,1}Ni_{2,0}$	16,2	умеренно опасная
Урбаноземы оглеенные	$Sn_{5,6}Zn_{3,4}Mo_{2,7}Ag_{2,8}Ni_{2,0}Cu_{2,0}$	15,0	допустимая
Реплантоземы	$Mo_{2,0}Ag_{2,0}$	5,8	минимальная

Анализ пространственной конфигурации ореолов концентраций ТМ в почвах парка Воробьевы горы показал, что незначительные по площади (4—10 га) мозаичные очаги наибольшего загрязнения приурочены к зонам максимально выраженного антропогенного влияния — газонам вблизи проезжей части ул. Косыгина, свалке строительного мусора вблизи бывшей эскалаторной галереи, а также к захламленным твердыми бытовыми и строительными отходами понижениям рельефа терассированных склонов в центральной и западной частях исследованной территории (рис. 2). Доля подобных почв, относящихся к опасной категории загрязнения ТМ (Zc = 32—128), относительно невелика и составляет ~2% почвопокрытой площади, однако их присутствие на территории подтверждает значимость вклада локальных источников загрязнения почв в пул общей антропогенной нагрузки. Ведущим элементом загрязнения почв придорожных газонов является свинец, который концентрируется в количествах, более чем в 15 раз превышающих фоновые значения и почти в 3 раза превышающих ПДК. Ассоциацию ведущих элементов подобных зон дополняют олово, медь и цинк, содержание которых в 8, 7,5 и 7 раз соответственно превышает фоновые значения.

Почвы захламленных участков парка характеризуются широким спектром загрязнителей класса ТМ, среди которых преобладают соединения цинка с коэффициентами концентрации 5—7, что определяет превышение значений ПДК в 1,2—1,5 раза. Также в загрязненных почвах, примыкающих к несанкционированным свалкам, в 2—3 раза (по сравнению с фоновым) повышено содержание соединений свинца, ртути, меди и молибдена.

Почвы умеренно опасной категории полиэлементного загрязнения ТМ (Zc = 16—32) окружают ореолы максимального загрязнения, распространяясь по векторам геохимического стока на почвы транзитно-аккумулятивных элементарных ландшафтов (выположенные участки террасированных склонов парка и искусственные понижения рельефа в их пределах), а также приурочены к почвам газонов Воробьевской набережной. В совокупности они занимают около четверти почвопокрытой площади исследованной территории. Спектр поллютантов этих ореолов характеризуется типовым набором ТМ с меньшей контрастностью их концентраций (коэффициенты концентрации варьируют в пределах 1—4); превышений ПДК по отдельным элементам не отмечается.

На основной части парка выявлено загрязнение почв ТМ допустимого уровня (Zc < 16), которое отмечается для почв широко распространенных транзитных элементарных ландшафтов макросклона Воробьевых гор. Коэффициенты концентрации отдельных ТМ в этих почвах, как правило, не превышают 2—3.

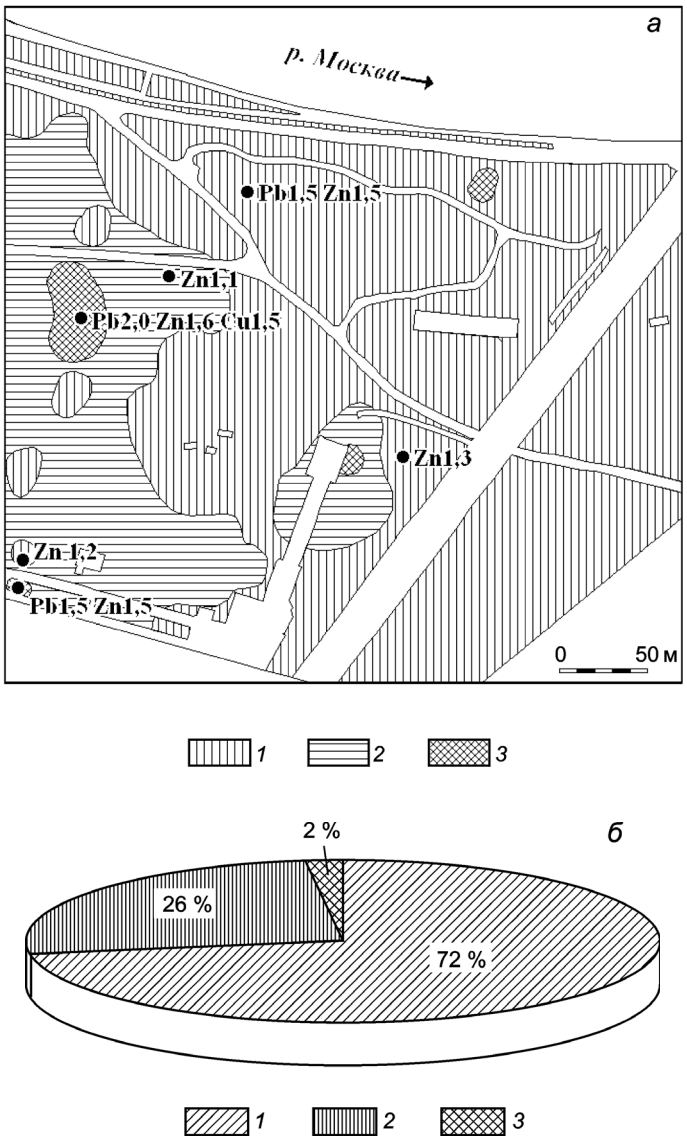


Рис. 2. Загрязнение почв парка Воробьевы горы тяжелыми металлами: *а* — картосхема полиэлементного загрязнения и точки с превышениями ПДК по отдельным элементам; *б* — структура загрязнения по категориям опасности, % почвопокрытой площади. Условные обозначения: *1* — допустимая (Z_c > 16); *2* — умеренно опасная (Z_c = 16—32); *3* — опасная (Z_c = 32—128)

Сопоставление уровней содержания отдельных ТМ в почвах территории парка Воробьевы горы с нормативными величинами выявило превышения ПДК для соединений свинца (в 1,5—2,0 раза), цинка (в 1,1—1,5 раза), меди (в 1,5 раза). При этом наиболее часто повышено до опасных концентраций содержание соединений цинка (14% точек опробования), в меньшей степени детектируется превышение нормативных величин содержания соединений свинца (5% точек опробования), повышение сверх нормативного уровня аккумуляции соединений меди обнаруживается в единичных случаях.

Широко распространенными загрязнителями почв городов органической природы являются нефтепродукты. Они попадают в почвы опосредован-

Таблица 3

Статистические параметры содержания органических загрязняющих веществ в почвах парка Воробьевы горы, мг/кг

Показатель	Нефтепродукты	Бенз(а)пирен
Среднее	563	0,12
Минимум	72	0,02
Максимум	7246	0,40
Коэффициент вариации, %	214	103
Средний уровень загрязнения	умеренный	высокий

но из атмосферы или напрямую при случайных проливах топливных и горюче-смазочных материалов, распространяясь далее с дождевым и талым стоком. Содержание НП в почвах парка Воробьевы горы варьирует с еще большим размахом, чем поверхностное загрязнение ТМ, и изменяется в пределах трех математических порядков (табл. 3). При этом подавляющая часть обследованной территории характеризуется допустимым уровнем содержания НП (рис. 3), сопоставимым с так называемым повышенным природным фоном (500 мг/кг). Почвы умеренного уровня загрязнения НП занимают чуть более 3% почвопокровной площади, к ним относятся урбаноземы, сформированные вдоль проезжей части ул. Косыгина, и локально захламленного северо-восточного участка парка вблизи опор метромоста. Почвы сильного и очень сильного уровней загрязнения НП, где концентрации поллютантов повышены в 2—15 раз, занимают в сово-

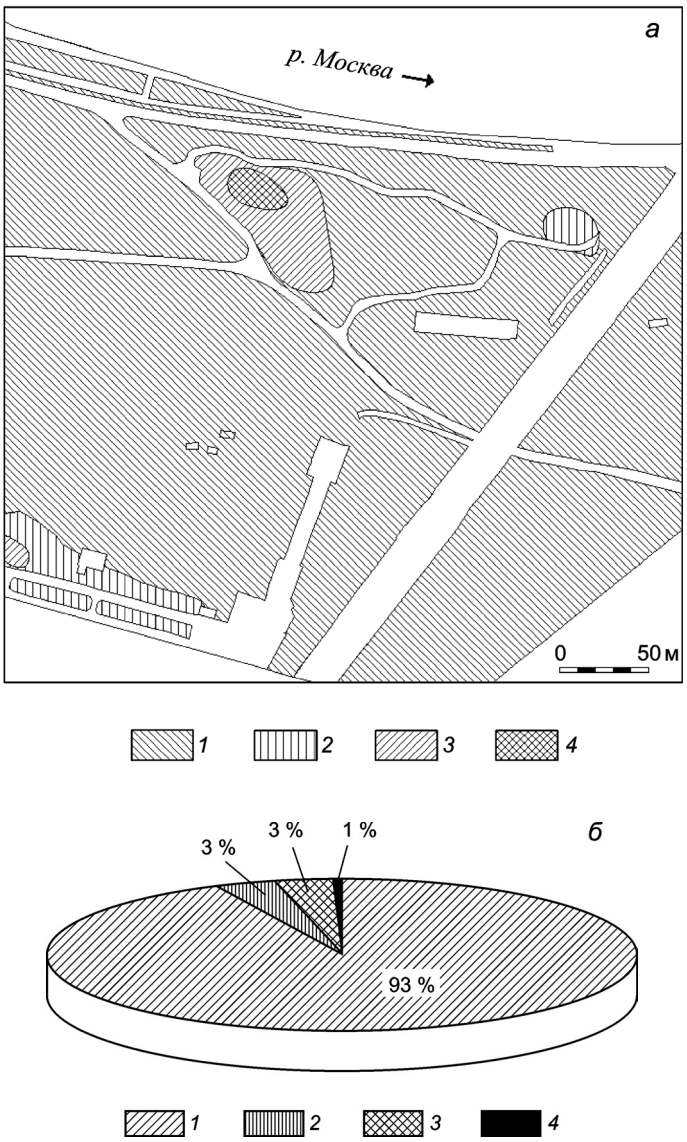


Рис. 3. Загрязнение почв парка Воробьевы горы нефтепродуктами: *а* — картосхема загрязнения; *б* — структура загрязнения по категориям, % почвопокрытой площади. Условные обозначения: *1* — допустимая (< 500 мг/кг); *2* — средняя (1000—2000 мг/кг); *3* — сильная (2000—5000 мг/кг); *4* — очень сильная (> 5000 мг/кг)

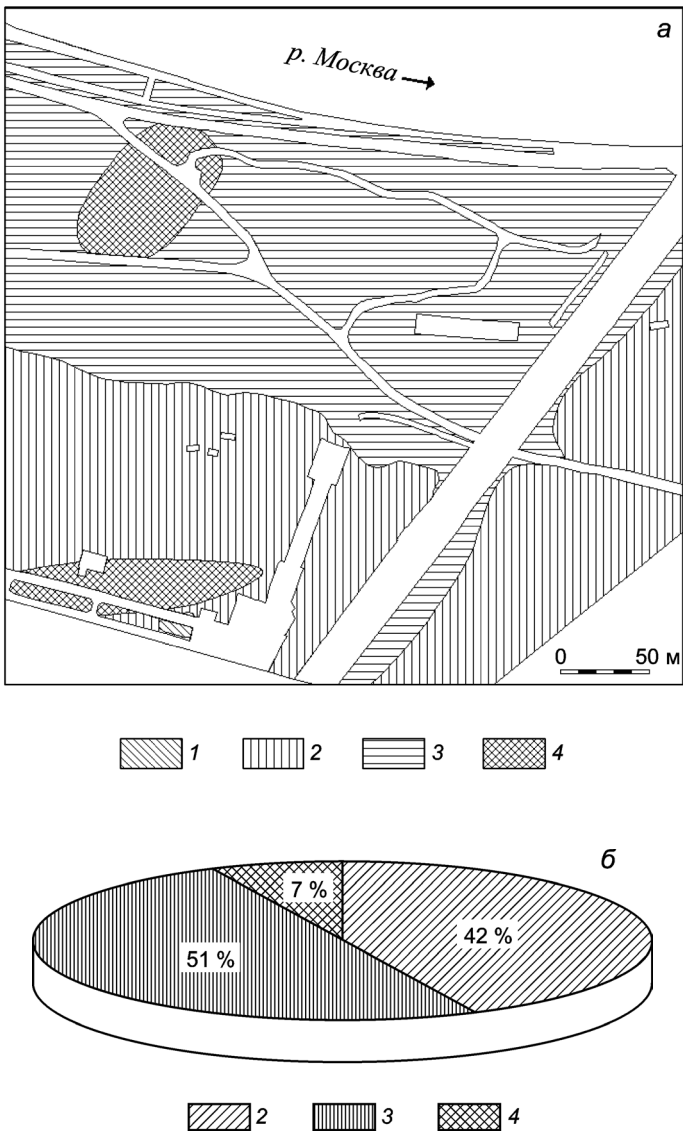


Рис. 4. Загрязнение почв парка Воробьевы горы бенз(а)пиреном: *а* — картосхема загрязнения; *б* — структура загрязнения по категориям опасности, % почвопокрытой площади. Условные обозначения: *1* — минимальная (< 0,01 мг/кг); *2* — умеренно опасная (0,01—0,02 мг/кг); *3* — опасная (0,02—0,05 мг/кг); *4* — чрезвычайно опасная (> 0,05 мг/кг)

купности ~3% территории и встречаются на придорожном газоне ул. Косыгина, а также образуют компактный мозаичный ореол (площадью ~5 га) между внутренними автопроездами парка в области распространения транзитно-аккумулятивного элементарного ландшафта с урбо-дерново-глеевыми почвами. В последнем было зафиксировано аномально высокое содержание нефтепродуктов — более 7000 мг/кг, что свидетельствует о большой подвижности поступивших в наземные экосистемы НП с возможностью их депозита в зонах геохимической аккумуляции.

Антропогенные полиароматические углеводороды образуются в основном при сжигании органического сырья и поступают в почву из атмосферы. Загрязнение почв парка Воробьевы горы полиароматическими углеводородами, наиболее распространенным и высокотоксичным представителем которых является бенз(а)пирен, имеет масштабный характер и значительную интенсивность. В соответствии с оценочной шкалой содержания БП [12], более половины площади исследованной территории составляют почвы опасной и чрезвычайно опасной категории загрязнения (рис. 4). При этом максимальные концентрации БП в образцах столь высоки, что средний уровень загрязнения почв парка Воробьевы горы оценивается как высокий (табл. 3). Характерно, что повышенный до 3-кратного превышения значений ПДК почв по БП (0,02 мг/кг) уровень его концентрации фиксируется даже в относительно молодых реплантоземах территории, что свидетельствует о высокой скорости формирования полей загрязнения городских почв полиароматическими углеводородами. Фактически только в единственной точке опробования — в маломощном урбаноземе, сформированном на недавней искусственной насыпи (ул. Косыгина) — концентрация БП находится ниже значения ПДК, составляя 0,015 мг/кг. В целом, величины превышений ПДК БП в почвах на исследованной территории варьируют от ~1,5 до 20.

При выраженной динамичности формирования ореолов загрязнения почв БП другой особенностью поллютанта является его значительная миграционная активность с итоговым накоплением в зонах геохимической аккумуляции. Ореолы с чрезвычайно высоким уровнем концентрации БП приурочены не только к автомагистралям ул. Косыгина и метромоста, но и образуют крупный монолитный контур (~500 га), протянувшийся вдоль русла р. Москвы в подножии макросклона Воробьевых гор, который отличается большим количеством выположенных террасированных участков, а также искусственными понижениями — ловушками стока. В пределах крутой верхней части макросклона, где преобладают геохимические процессы транзита веществ, в том числе и загрязняющих, напротив, выделяется ореол с допустимым содержанием БП в почвах.

Оценка суперпозиции ореолов загрязнения почв парка Воробьевы горы приоритетными экотоксикантами показала, что незначительная по площади (0,5%) зона максимального загрязнения соединениями как неорганической, так и органической природы, приурочена к газонам ул. Косыгина и ее придорожной части, что указывает на значимость автомагистралей как основных источников загрязнения окружающей среды городов. Почвы этой зоны наряду с сильными и очень сильными уровнями загрязнения НП И БП характеризуются опасными и чрезвычайно опасными категориями полиэлементного загрязнения соединениями ТМ, а также превышениями нормативных величин содержания соединений свинца и цинка (~1,5 ПДК). Вторая, более обширная (~1% площади территории), зона максимального комплексного загрязнения выделяется в подножии макросклона Воробьевых гор. Она имеет высокий уровень загрязнения почв органическими поллютантами и умеренно опасный — соединениями ТМ (по отношению к региональному фону) с незначительными превышениями нормативных величин содержания соединений цинка (~1,2 ПДК). Вместе с тем зоны повышенных концентраций наиболее миграционно активных поллютантов — НП и БП — имеют более обширную область совпадения (~3% площади территории) и приурочены к аккумулятивным фациям ландшафта в нижней части макросклона долины р. Москвы с урбаноземами оглеенными.

Заключение

В границах исследованной территории парка Воробьевы горы почвы характеризуются выраженным загрязнением бенз(а)пиреном, нефтепродуктами, соединениями тяжелых металлов. По уровням среднего накопления тяжелых металлов только «молодые» реплантоземы территории соответствуют характеристикам фонового содержания микроэлементов в почвах Московской обл., что определяется экологически благоприятными свойствами привозного почвенно-торфяного слоя и относительно непродолжительным временем его экспонирования на дневной поверхности в условиях мегаполиса. В других почвах обследованной территории содержание соединений тяжелых металлов превышает фоновые характеристики в 2—30 раз, а на ~40% площади отмечается загрязнение почв «умеренно опасной» и «опасной» категорий.

Помимо общей высокой аэрогенной нагрузки поллютантов на почвенный покров мегаполисов, значимыми источниками загрязнения почв терри-

тории являются автодороги и несанкционированные свалки промышленно-коммунальных и бытовых отходов, вблизи которых образуются ореолы полиэлементного загрязнения почв соединениями тяжелых металлов «опасной» категории, а также превышения в 1,2—2,0 раза нормативных величин ПДК для отдельных элементов (цинка, свинца, меди). По сравнению с фоновым содержанием соединений тяжелых металлов в почвах Московской обл. почвы парка Воробьевы горы в среднем содержат в 3—4 раза больше соединений олова и цинка, в 2—3 раза — соединений свинца, ртути, меди, молибдена, никеля и серебра. Выявленные геохимические ассоциации тяжелых металлов являются характерными для города.

Ведущим экотоксикантом органической природы, массово аккумулирующимся в почвах парка Воробьевы горы, является бенз(а)пирен. Практически во всех опробованных почвах его содержание превышает ПДК, и более половины почвопокровной площади исследованной территории (58%) загрязнено бенз(а)пиреном до категорий «опасная» и «чрезвычайно опасная». Нефтепродукты, поступившие в почвы, обладают значительной миграционной способностью и накапливаются не только вблизи основных источников загрязнения — автодорог, но и образуют «оторванные» от источников ореолы вторичного загрязнения в аккумулятивных фациях ландшафта. При этом общая степень загрязнения почв парка Воробьевы горы нефтепродуктами ниже, чем бенз(а)пиреном. Почвы «сильного» и «очень сильного» уровней загрязнения занимают в совокупности ~3% почвопокрытой площади.

Основными зонами аккумуляции техногенных экотоксикантов в почвах парка Воробьевы горы являются: 1) прибровочная часть макросклона, прилегающая к проезжей части ул. Косыгина; 2) подножие макросклона — область естественной геохимической аккумуляции веществ. Вокруг участков, захламленных бытовыми и строительными отходами, также формируются локальные зоны опасно высоких концентраций тяжелых металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геохимия окружающей среды / Под ред. Ю.Е. Саета. М., 1990.

2. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск, 2003.

3. ГН 1.1.029-95. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. М., 1995.

4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почва. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализов. М., 1984.

5. *Заволокина С.В., Зверев В.П.* О распределении тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, никеля) в четвертичных отложениях территории Москвы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2007. № 1.

6. *Обухов А.И., Плеханова И.О., Кутукова Ю.Д., Афонина Е.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях Москвы // Экологические исследования в Москве и Московской области. М., 1990.

7. О состоянии окружающей природной среды г. Москвы в 1992 г.: Государственный доклад. М., 1993.

8. О состоянии окружающей природной среды г. Москвы в 1995 г.: Государственный доклад. М., 1996.

9. *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М., 1993.

10. *Плеханова И.О.* Содержание тяжелых металлов в почвах парков г. Москвы // Почвоведение. 2000. № 6.

11. Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. М., 1997.

12. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы (СанПиН 2.1.7.1287-03). М., 2003.

13. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М., 1997.

14. *Bridges E.M.* Waste materials in urban soils // Soils in the Urban Environments / Ed. P. Bullock, P.J. Gregory (Eds.). Oxford, 1991.

Поступила в редакцию
25.04.2009

SOIL POLLUTION ESTIMATION BY MAIN ECOTOXICANTS IN NATIONAL PARK VOROBJEVY GORY

E.V. Tishkina, T.A. Paramonova, S.F. Krasnov, D.O. Tolstikhin

Soils of national park Vorobjevy gory (Moscow) are characterized by high content of technogenic ecotoxicants. Dangerous levels of pollutions are fixed on ~60% soil cover for benz(a)piren, ~40% soil cover for heavy metals and ~6% soil cover for mineral oil. Besides the general high aerogenic loading local sources of soil pollution in cities are highways; the raised concentration of heavy metals are marked also near to not authorized dumps. Benz(a)piren and mineral oil

in soils are characterized by high migratory ability and can form secondary auras of pollution in accumulative landscapes.

Key words: soil pollution in cities, heavy metals, mineral oil, benz(a)piren.

Сведения об авторах. **Тишкина Эльвира Васильевна**, канд. биол. наук, мл. науч. сотр. НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического ф-та МГУ. **Парамонова Татьяна Александровна**, канд. биол. наук, ст. препод. каф. радиоэкологии и экотоксикологии ф-та почвоведения МГУ. Тел. 939-25-08, 939-50-09; факс 939-22-11; *e-mail*: tapara@mail.ru. **Краснов Сергей Федорович**, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического ф-та МГУ. **Толстихин Денис Октавиевич**, гл. специалист ЗАО «Центр практической геоэкологии — О плюс К».