

УДК 631.415.1:504.054(470.324)

А.И. Федорова, Е.В. Шунелько

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ Г. ВОРОНЕЖА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Почвы г. Воронежа формировались как естественные образования на протяжении тысячелетий, а были преобразованы как урбоземы за столетия. Б.П. Ахтырцев [1] относит почвенный покров этой территории к подзоне лесостепных черноземов и серых лесных почв. Вполне очевидно, что до заселения этих земель людьми и постройки крепости (400-500 лет назад и ранее) на высоком берегу р. Воронеж располагалась нагорная дубрава, которая до недавнего времени занимала территорию Акатова монастыря, прерываясь зоной наиболее плодородных земель на правом берегу (где находился острог с башнями), и снова выклинивалась в области Шилова леса. Естественно, под лесами сформировались слабокислые и кислые разности почв, которые еще встречаются в районе Ботсада ВГУ и на территории, примыкающей к санаторию им. Горького [12]. Возвышенный берег реки Воронеж был благоприятен для заселения по многим параметрам: защита от набегов кочевых племен, наличие водной транспортной магистрали, плодородные земли для выращивания сельскохозяйственной продукции (особенно для разведения садов), источники питьевой воды. Поэтому на протяжении нескольких столетий здесь происходило строительство крепости, гражданских зданий, монастырей, церквей, старые кладки которых в погребенном состоянии частично сохранились до настоящего времени. Очевидно, что естественные почвы центральной части города претерпели значительные антропогенные изменения и практически не сохранились в первозданном виде. Сейчас это своеобразная почвенная разность из смеси мелкозема различной гумусированности со щебнем и дру-

гими остатками строительного мусора, бесструктурная, иногда с захороненным почвенным слоем. В ряде литературных источников такие почвы называют “урбаноземами” и “урбоземами” [8]. Лишь в парках, садах, больших дворах и скверах сохранились менее трансформированные почвы, однако и они подверглись сильному антропогенному прессингу, особенно в ходе Второй Мировой войны (известно, что г. Воронеж был сильно разрушен и вошел в число 15 наиболее пострадавших от войны городов). Остальные районы города (Ленинский, Советский) в недалеком прошлом представляли собой, в основном, частный сектор, где было много садов и огородов. Лишь Коминтерновский район раньше других был превращен в индустриальный. Здесь находится ряд крупных заводов, выбросы которых загрязняют городскую территорию (АОЗТ “Электросигнал”, АООТ “Тяжэкс” им. Коминтерна, Станкостроительный завод и др.). Второй крупный промышленный район – Левобережный, где расположены такие гиганты, как АООТ “Воронежсинтезкаучук”, АООТ “Воронежшина”, АООТ “ВАСО” и др., также дающие большое количество выбросов.

Б.П. Ахтырцев [1] делит городские земли на две категории: а) с функционирующим почвенным покровом, обладающие биологической продуктивностью и находящиеся преимущественно в незастроенной части города; б) техногенный покров, занятый домами разной этажности и техническими объектами, не обладающий биологической продуктивностью. Последнее положение, на наш взгляд, весьма спорно, т.к. озеленительные посадки на этих землях (во дворах, на улицах) обладают опре-

Загрязнение поверхностных горизонтов почв г. Воронежа тяжелыми металлами

деленной первичной биологической продуктивностью, которая выражается в поглощении огромного количества углекислого газа и переводе его в массу органических веществ, поддерживающих определенную стабильность посадов, а также являются продуктом для множества гетеротрофов, поселяющихся на их листьях, побегах, стволах. Обогащения почвы органическими веществами, конечно, не происходит, так как первичная продукция в виде листьев, скошенной травы не остается на этих землях, а увозится. Таким образом, все круговороты элементов, проходящие через почвы (углерода, азота, серы, фосфора и др.) здесь нарушены.

Основными современными почвенными разностями в г. Воронеже являются черноземы выщелоченные, среднемощные, суглинистые и тяжелосуглинистые, занимающие, в основном, плакорные возвышенные территории правобережья [1]. Второе место занимают серые лесостепные почвы (супесчаные, суглинистые и тяжелосуглинистые разности) на месте бывшего пояса нагорной дубравы и существующей ее окраины в районе “Березовая роща”; дерново-лесные песчаные почвы и лугово-черноземные, которые сохранились в пределах нынешней территории г. Воронежа на очень ограниченной территории и везде претерпели антропогенные изменения (залиты грунтовыми водами после заполнения водохранилища, либо погребены под насыпным почвогрунтом при создании набережных и пляжей).

В 2001 г. в г. Воронеже зарегистрировано 14497 действующих источников загрязняющих веществ (в том числе организованных – 12475), тогда как в 1997 г. их было лишь 11699 (в том числе организованных – 11106) [4, 5]. Среди выбросов основными загрязняющими веществами считаются диоксид азота, диоксид углерода, сернистый ангидрид, пыль, а среди приоритетных – формальдегид, фенол, толуол, ксилол, бенз(а)пирен, марганец и его соединения, стирол, бутадиев, оксиды хрома, оксид меди. Из всей суммы выбросов более 80% падает на автотранспорт, который по ди-

оксидам азота дает 80%, а по углеводородам – 96% от всех загрязнений. Таким образом, из тяжелых металлов в вышеуказанный перечень вошли только соединения марганца, меди, хрома. Однако, все предприятия топливного комплекса (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, котельные “Воронежтеплосеть”) и множество других выбрасывают в окружающую среду большое количество тяжелых металлов, которые могут находиться в атмосфере в виде окислов, отдельных мелких частиц в составе пыли, органо-минеральных соединений.

Тяжелые металлы (ТМ) являются очень удобными индикаторными веществами при изучении загрязнения почв в силу того, что они довольно распространены, сравнительно легко определяются (из одной вытяжки атомно-абсорбционным методом можно определить множество металлов), большинство из них неподвижны или слабо подвижны в верхнем 0-10 см слое почвы (особенно в гумусированных и тяжелосуглинистых почвогрунтах), токсичный эффект многих металлов довольно хорошо изучен [7, 9, 11, 13].

Попадая в воздушную среду от предприятий и автотранспорта, тяжелые металлы могут поступать в почву двумя путями: 1) в результате сухого осаждения; 2) путем мокрого осаждения. Основная масса ТМ от низких источников (автотранспорта) попадает в почву первым путем, однако по литературным данным эти вещества в виде очень мелких аэрозолей и пыли могут подниматься турбулентными потоками воздуха (что характерно и для г. Воронежа в летнее время) в более высокие слои тропосферы и даже попадать в стратосферу, переноситься на большие расстояния. В среднем ТМ переносятся на 20-30 км, однако, они были обнаружены и в верхних слоях ледников Гренландии и Антарктиды [2, 6, 10].

Тяжелые металлы (в том числе, наиболее опасные – свинец и кадмий) содержатся в выхлопных газах автотранспорта. В последнее десятилетие в городах идет прогрессивное нарастание числа автомобилей, которые как движущиеся источники загрязнения охватывают

пространства не только прилегающие к автодорогам (100-200 м), но и проникают в места проживания людей (дворы, автостоянки, детские площадки). Так, в г. Воронеже за счет автотранспорта выбросы выросли с 108 тыс. т. в год в 1993-1996 гг. до 135 тыс. т. в год в 1999-2000 гг. [4, 5]. Из них 85% составляют выбросы легковых автомобилей.

Согласно официальным данным, валовый выброс предприятий г. Воронежа за год в настоящее время составляет 18,129 т/год. По административным районам выбросы распределяются следующим образом: Левобережный – 11,792 т/год; Коминтерновский – 1,86; Советский – 1,587; Железнодорожный – 1,187; Ленинский – 1,011; Центральный – 0,692 [5].

Для определения загрязнения почв тяжелыми металлами территория г. Воронежа была разделена нами на функциональные зоны, которые общеприняты при изучении городов: промышленная, промышленно-селитебная, селитебная, рекреационная, транспортная, транспортно-селитебная (одна и та же функциональная зона могла быть расположена в разных административных районах). Первичные данные по содержанию подвижных форм ТМ, полученные Госсанэпиднадзором г. Воронежа (более 1000 определений), а также собственные показатели, были расклассифицированы нами по вышеуказанным функциональным зонам (таблица 1). В пределах зон выделялись подзоны (таблица 2).

Образцы для анализа отбирались в пределах районов действия отдельных поликлиник, разбитых на квадраты 500x500 м независимо от дорог и других аномальных участков. Тяжелые металлы извлекались из почвы ацетатно-аммонийным буфером с pH=4,8 и определялись на атомно-адсорбционном спектрофотометре. ПДК взяты в агрохимслужбе “Воронежская”, они же приводятся в соответствующих справочниках [3].

Были изучены также валовые (или слабоподвижные) формы ТМ в парках, на детских площадках и, особенно, в линейных зонах транспортных аномалий (в 20-50 м от дороги), а также в местах скопления автотранспорта и людей (рынки). Валовые (или слабоподвижные) формы определялись путем извлечения ТМ HNO₃ с предварительным прокаливанием образцов в муфельной печи при t=450° с последующим определением на спектрофотометре С115М1.

Как видно из таблицы 1, в верхнем 10 см слое почв содержание изученных подвижных форм ТМ (Сг, Сu, Zn, Ni) не превышает ПДК. Однако, во всех случаях содержание подвижных форм свинца в 1,4-4,6 раза больше. Особенно высокие превышения по Pb наблюдаются в транспортной, транспортно-селитебной и промышленной зонах, а наименьшие – в рекреационной зоне. Вызывает некоторое недоумение высокое содержание Pb в селитебной зоне по сравнению с промышленной, однако

Таблица 1
Среднее содержание тяжелых металлов в функциональных зонах г. Воронежа

№ п/п	Название зоны	Тяжелые металлы, мг/кг сухой почвы				
		Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
1	Промышленная	27,26	1,48	1,88	19,17	1,96
2	Промышленно-селитебная	14,9	1,84	1,86	12,36	1,02
3	Селитебная	20,15	1,95	1,2	14,41	1,35
4	Рекреационная	8,64	1,42	0,57	7,13	0,83
5	Транспортная	27,49	1,75	1,99	17,99	1,59
6	Транспортно-селитебная	24,14	2,05	1,10	14,41	1,92
	ПДК	6,0	3,0	3,0	23,0	3-5

Загрязнение поверхностных горизонтов почв г. Воронежа тяжелыми металлами

это легко объясняется насыщенностью этой территории легковыми автомобилями, которые в настоящее время составляют 85% от всего автотранспорта.

Распределение ТМ по подзонам (таблица 2) показало, что наибольшее количество свинца, превышающее ПДК в 5,7 раза, содержится в почвах промзоны Коминтерновского района, затем – в склоновой части селитебной зоны, примыкающей к водохранилищу (превышение в 5,7 раза). В последнем случае происходит снос соединений Рb (очевидно, в виде мелких частиц) с поверхностным стоком вниз по склону. В промышленной зоне самым “чистым”

является юго-западный район, где почти нет предприятий, выделяющих большое количество металлов, а территория менее насыщена автотранспортом. Здесь преобладает влияние заводов Керамического и Железобетонных конструкций. В селитебной зоне районом с наименьшим содержанием Рb является северный, в котором свинец в почве лишь немного превышает ПДК.

Сравнение содержания Рb в почвах правобережной и левобережной частей г. Воронежа показало его значительное превышение ПДК в правобережной части (для промышленно-селитебной зоны – в 2,1 раза, а для транспорт-

Таблица 2
Среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов по основным подзонам в пределах функциональных зон

Зоны и подзоны	Тяжелые металлы, (мг/кг сухой почвы)				
	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
1. Промышленная					
1.1. 3-д СК, шинный, ВАСО	24,09	2,0	1,95	19,64	2,24
1.2. Коминтерновский р-н	34,10	1,60	2,17	46,4	2,35
1.3. Юго-западный р-н	10,65	0,85	0,89	6,94	0,87
2. Промышленно-селитебная					
2.1. Правобережье	26,83	1,58	1,86	1,86	1,26
2.2. Левобережье	12,75	1,93	2,03	2,03	1,0
3. Селитебная					
3.1. Северный р-н	7,1	2,0	0,8	20,4	2,0
3.2. “Березовая роща”	18,47	1,85	1,19	13,1	1,37
3.3. Склон к водохранилищу	34,3	2,08	1,4	18,57	1,82
4. Рекреационная					
4.1. Правобережье	6,07	1,38	0,55	5,48	0,87
4.2. Левобережье	13,78	1,5	0,6	10,4	0,75
5. Транспортная (деление не предусмотрено)	27,49	1,75	1,99	17,99	1,59
6. Транспортно-селитебная					
6.1. Юго-западный р-н	14,21	1,67	0,63	12,5	0,88
6.2. Правобережье	25,73	2,33	1,16	14,42	2,08
6.3. Левобережье	16,25	2,0	0,8	1,5	1,0
ПДК	6,0	3,0	3,0	23,0	3-5

но-селитебной – в 1,6 раза), что объясняется наличием большего числа автотранспорта и среднесуглинистыми разностями почв, способными удерживать большее количество катионов свинца по сравнению с песками Левобережья. В рекреационной зоне, наоборот, содержание Рb больше в Левобережье и мало отличается от общего фона этой зоны, что объясняется малой развитостью здесь рекреационных ландшафтов, тогда как в Правобережье существует несколько крупных парков и скверов (“Орленок”, Первомайский сквер, парк “Динамо” и др.), а также присутствует обширная рекреационная зона в районе санатория им. Горького. Въезд автотранспорта на вышеуказанные территории ограничен или запрещен.

Как видно из таблицы 2, во всех подзонах не наблюдается превышения ПДК по Cr, Cu, Ni, хотя его содержание варьирует в разных местах в 1,5-2 раза. Лишь по Zn наблюдается аномальное превышение в Коминтерновском районе (в 2 раза выше ПДК).

Нанесение точек определения ТМ на отдельные картосхемы для выявления локальных аномальных участков показало, что подвижные формы Рb содержатся в поверхностных горизонтах почв практически во всех районах города, однако, превышение ПДК в 2-3 раза наблюдается, в основном, в почвах вблизи главных магистралей города – пр. Революции, ул. Плехановской, Ленинского пр. и др. Содержание подвижного Cr в верхнем слое почв города редко превышает ПДК; в этом плане также “лидируют” правобережье и сильно загруженные автотранспортом магистрали. По подвижной Cu наблюдается сильный разброс по городу, в отдельных точках ее содержание превышает ПДК в 3-4 раза, но четких аномальных зон не выявлено. Лишь по ул. Ворошилова вблизи Механического завода можно выделить небольшую зону с превышением ПДК в 2-4 раза. По содержанию подвижного Zn аномальные зоны выделяются довольно четко. Это район Механического завода по ул. Ворошилова (превышение ПДК в 2-4 раза), менее сильная аномальная зона выделена в районе завода “Тяж-

маш” (ул. Электросигнальная), на пр. Патриотов; и небольшие превышения ПДК отмечаются вдоль дорог (1,1-1,5 ПДК). По Ni превышения наблюдаются лишь вдоль загруженных автотранспортом магистралей (пр. Революции, ул. Плехановская).

При более подробном изучении аномальных зон путем определения в поверхностном слое почв валовых (слабоподвижных) форм ТМ (извлечение ТМ HNO_3 с предварительным прокаливанием образца в муфельной печи) основное внимание было уделено придорожным зонам, где в результате сильных потоков воздуха от движущегося автотранспорта тяжелые металлы в виде частиц и аэрозолей могут попадать в органы дыхания человека, особенно детей.

На рисунке представлены данные о количестве проб городских почв, содержание тяжелых металлов, в которых превышает фоновые показатели и ПДК (общее количество взятых образцов – 36). За фон бралась территория санатория “Углянец” на окраине Воронежского биосферного заповедника в 25 км от города.

Согласно полученным данным, в верхних горизонтах почв г. Воронежа свинец содержится в количестве от 4,2 до 206,0 мг/кг (таблица 3). Почти в 95% случаев содержание данного металла находилось в пределах ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) – до 130 мг/кг [8]. Практически во всех исследуемых точках на территории города содержание Рb превышало фоновый уровень в 1,3-26 раз и ПДК в 1,3-6,4 раза. На территории санатория “Углянец” на окраине Воронежского биосферного заповедника концентрация Рb в почве составляла 8 мг/кг. Вблизи трамвайных и железнодорожных путей содержание Рb колебалось от 42,5 до 84,0 мг/кг, что также выше фона и ПДК в 1,3-11,9 и 1,3-3 раза соответственно (таблица 4). Максимальное количество Рb содержат почвы газонов вдоль сильно загруженных автотранспортом улиц Кольцовской, Кирова, пересечения улиц Мира и Фр. Энгельса, 20-летия Октября (на подъеме), где оно составляет 130,0-206,0 мг/кг.

Загрязнение поверхностных горизонтов почв г. Воронежа тяжелыми металлами

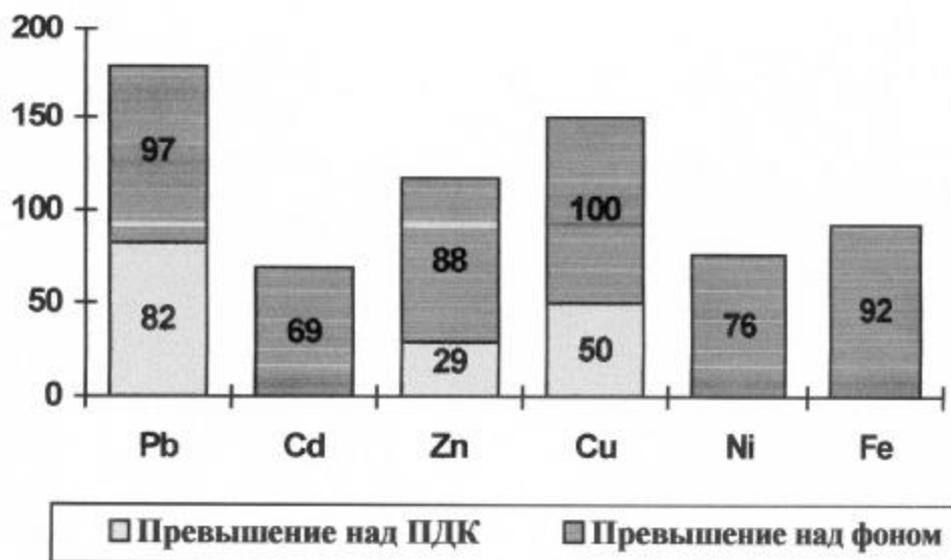


Рис. Доля почвенных проб, превышающих фон и ПДК, %

По нашим данным, фоновое содержание Cd в почвах Подворонежья составило 0,83 мг/кг в санатории Углянец; 1,16 мг/кг в санатории им. Горького; 1,24 мг/кг в Семилукском районе (луг у деревни Ляпино). В поверхностных горизонтах почв города Воронежа Cd содержится в количестве 0,26-2,7 мг/кг (таблица 3).

Отмечаются участки с превышением фоновых значений в 1,3-3,3 раза (ул. Электросигнальная, Кольцовская, Плехановская, Московский пр. и др.). Превышения ПДК по этому металлу в пределах нашего города не выявлено. Корреляционной связи между концентрацией Cd в почве и интенсивностью движения автотранспорта не обнаружено. Высокое содержание данного металла отмечено на улицах с интенсивной транспортной нагрузкой и наличием трамвайных и троллейбусных путей (ул. Кольцовская, Плехановская), вблизи трамвайных и железнодорожных путей (ул. Матросова, Челюскинцев, вокзал Воронеж-П) (таблица 4). Максимальная концентрация Cd (2,7 мг/кг), превышающая ОДК (2,0 мг/кг), отмечается на ул. Электросигнальной с интенсивностью движения всего 300 авт/час, которая, однако, находится в зоне влияния нескольких промышленных предприятий (заводы Радиодеталей, АОЗТ “Электросигнал”, АООТ “Тяжэкс” им. Коминтерна, “Промтекстиль”).

Пределы нахождения Zn в верхних горизонтах урбаноземов придорожных территорий г. Воронежа составляют 20-338 мг/кг (таблица 3), тогда как в почвах санатория “Углянец” его содержится 24 мг/кг. При этом примерно в 90% случаев содержание Zn в городе превышает фоновое и в 30% – ПДК (рис.) Отмечено довольно сильное (до 14 раз превышающее фон) загрязнение цинком территорий, прилегающих к трамвайным и железнодорожным путям (таблица 4). К наиболее загрязненным районам относятся улицы Матросова (298 мг/кг), Челюскинцев (338 мг/кг), район вокзала Воронеж-П (198-338 мг/кг). Высоко содержание металла и на улицах с интенсивной транспортной нагрузкой, имеющих троллейбусно-трамвайные линии – ул. Плехановской (190 мг/кг), ул. Кирова (176 мг/кг). Концентрации Zn в этих районах в 1,3-2,3 раза превышают ПДК.

В верхних горизонтах урбаноземов придорожных пространств г. Воронежа содержание Cu колеблется в широких пределах – от 6,0 до 284,0 мг/кг (таблица 3), превышая фоновое содержание во всех изученных точках (5,0 мг/кг по Углянцу). Причем, 50% случаев пробы почв по этому показателю не отвечают санитарным нормам (рис.). Наиболее сильное загрязнение почв медью прослеживается вблизи трамвайных и троллейбусных путей (таблица 4): вы-

Валовое содержание тяжелых металлов в верхних горизонтах почв придорожных территорий г. Воронежа, мг/кг

Место определения	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Fe
Фоновая территория (25 км от города)	8,0	0,83	24,0	5,0	10,0	3625
Пределы колебаний ТМ в городских почвах	4,2-206,0	0,26-2,7	20,0-338,0	6,0-284,0	8,0-50,0	3440-11000
Среднее содержание ТМ на улицах с интенсивностью движения:						
а) до 1000 авт/час	77,0	1,5	64,5	35,4	13,8	5416
б) 1000-1500 авт/час	68,8	0,99	75,7	37,5	26,6	7275
в) более 1500 авт/час	97,1	1,12	111,3	89,2	12,9	6281
ПДК	32,0	3,0	150,0	40,0	50,0	-
ОДК	32,0-130,0	0,5-2,0	55,0-220,0	33,0-132,0	20,0-80,0	-

сокий уровень загрязнения – на ул. Кирова (284,0 мг/кг), средний уровень загрязнения – на ул. Кольцовской (205,5 мг/кг), низкий уровень загрязнения – в пределах трамвайного кольца у вокзала Воронеж-1 (137,0 мг/кг), на ул. 45-й Стрелковой дивизии (131,6 мг/кг), в пределах трамвайного кольца по ул. Острогжская (121,0 мг/кг), на ул. Краснознаменной (107,0 мг/кг), на ул. Плехановской (71,0 мг/кг). Таким образом, истирание контактных проводов трамваев и троллейбусов в процессе эксплуатации приводит к загрязнению прилегающих территорий медью в количествах, в 15-57 раз превышающих фоновые значения и в 2-7 раз – ПДК. В районе железнодорожного вокзала Воронеж-2 в пробах почв содержится от 19,8 до 53,0 мг/кг Cu, что существенно ниже, чем на наиболее загрязненных улицах. О том, что источником поступления меди в транспортно-селитебные ландшафты также является и автотранспорт, говорит средняя корреляционная связь между содержанием в почве Cu, Pb и Zn ($r=0,6$).

В придорожных урбаноземах г. Воронежа содержание Ni колебалось от 8,0 до 50,0 мг/кг

(таблица 3), при этом практически во всех точках отмечалось превышение фоновых значений (10 мг/кг) в 1,2-3,2 раза (рис.). При этом значений, превышающих предельно допустимую концентрацию (50 мг/кг), на территории города не обнаружено. Максимальные концентрации Ni отмечаются на Ленинском проспекте, ул. Плехановской, вблизи железнодорожных вокзалов Воронеж-1 и Воронеж-2, а также в Первомайском сквере, с трех сторон окруженном улицами с интенсивным движением. Никель имеет очень сходное распространение с другим металлом, также имеющим относительно небольшую атомную массу – железом. Коэффициент корреляции содержания этих элементов в почве равен 0,88. Именно с относительно невысокой атомной массой по сравнению с другими металлами мы связываем повышенное накопление Ni и Fe на некотором удалении от транспортных магистралей, так как эти металлы способны переноситься с токами воздуха на более значительные расстояния, чем, например, Pb и Cd.

Фоновое содержание Fe в почвах санатория Углянец составило 3625 мг/кг. В городс-

Валовое содержание тяжелых металлов в городских почвах вблизи трамвайных и железнодорожных путей, мг/кг

Точки отбора проб	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni
Санаторий "Углянец" (контроль)	8,0	0,83	24,0	5,0	10,0
Ул. Острогожская (конечная трамв. №14)	42,5	0,95	78,0	121,0	13,0
Ул. Острогожская (10 м от трамв. кольца)	22,0	0,80	60,0	19,0	20,8
Ул. Острогожская (у трамв. путей)	20,0	0,81	58,0	38,0	10,2
Ул. Краснознаменная (у трамв. путей)	44,5	0,76	168,0	107,0	11,0
Ул. Ворошилова (3 м от трамв. путей)	10,0	0,35	21,0	7,0	9,6
Ул. Ворошилова (15 м от трамв. путей)	16,0	0,59	36,0	6,0	14,0
Ул. Кольцовская (ост. Комиссаржевская)	42,5	0,81	88,0	70,4	11,0
Ул. Матросова (у трамв. путей)	73,0	1,40	298,0	63,5	14,6
Ул. Челюскинцев (у трамв. путей)	70,0	1,50	338,0	46,2	19,0
Вокзал Воронеж-1 (конечная трамваев)	57,0	1,24	148,0	137,0	27,0
Вокзал Воронеж-2 (ж/д пути под виадуком)	79,0	1,00	198,0	36,4	26,2
Вокзал Воронеж-2 (у перрона)	50,0	1,18	338,0	19,8	12,4
Вокзал Воронеж-2 (двор жилого дома)	70,0	0,70	198,0	26,3	10,8
Вокзал Воронеж-2 (между ж/д путями)	84,0	1,35	278,0	53,0	22,6

ких урбаноземах его содержание колеблется от 3440 до 11000 мг/кг (таблица 3). Таким образом, фоновые значения превышены в 1,3-3 раза в 92% случаев (рис.). Пробы почв с повышенным содержанием Fe (более 6000 мг/кг) были отмечены на ул. Плехановской, Ленинском пр., ул. Дружинников, ул. Ф. Энгельса (у Первомайского сквера) и в самом Первомайском сквере.

Проведенные исследования аномальных зон показали, что верхний слой урбаноземов, примыкающих к городским автомагистралям, сильно загрязнен такими тяжелыми металлами, как Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Fe. Доля нестандартных проб, превышающих ПДК, наиболее велика для Pb и Cu (82 и 50% соответственно). Наиболее высокие уровни загрязнения в пределах селитебно-транспортных ландшафтов отмечены для свинца (превышение фона до 26 раз и ПДК – 6,5 раз) и цинка (14 и 2,3 раза соответственно). Истирание контактных проводов трамваев и троллейбусов в процессе эк-

сплуатации приводит к загрязнению прилегающих территорий медью в количествах, в 15-57 раз превышающих фоновые значения и в 2-7 раз – ПДК.

Таким образом, на основе изучения содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe) в поверхностных горизонтах почв г. Воронежа выявлено, что во всех ландшафтных зонах и подзонах наиболее сильно почвы загрязнены свинцом (превышение ПДК в 1,4-4,6 раза), особенно в транспортной и промышленной зонах. По остальным элементам в среднем превышений ПДК не отмечено, однако содержание ТМ намного превышает фоновые значения.

Распределение свинца по зонам и подзонам крайне неравномерно. Наибольшее его количество, превышающее ПДК в 5-6 раз, содержится в почвах промзоны Коминтерновского района, затем – в склоновой части, примыкающей к Воронежскому водохранилищу. Сравнение содержания свинца в почвах правобережной и

левобережной частей г. Воронежа показало значительное превышение в первой, что объясняется большей загруженностью автотранспортом и наличием суглинистых разностей почв с хорошо выраженным почвенно-поглощающим комплексом. В отдельных местах вблизи промышленных предприятий (Механический завод, Тяжмаш, "Тяжэкс" им. Коминтерна) наблюдаются аномальные зоны по содержанию цинка, в 2-4 раз превышающего ПДК.

Особенно сильно загрязнены металлами придорожные пространства, где наблюдается превышение по свинцу: ПДК – в 6-7 раз, в 26 раз фонового уровня – что отмечается и для подвижных, и для валовых форм. По цинку это превышение составляет: 2-3 раза – ПДК, 14 раз – фон. Отмечено загрязнение придорожных пространств медью в результате истирания контактных проводов трамваев и троллейбусов, а также выбросов автотранспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров г. Воронежа и его экологические функции / Б.П. Ахтырцев // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской ограды. – Воронеж, 1996. – С. 94-97.
2. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание / В.В. Добровольский. – М.: Мысль, 1983. – 269 с.
3. Джувеликян Х.А. Экология и человек / Х.А. Джувеликян. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1999. – 269 с.

4. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Воронежа в 1997 году. – Воронеж: Б.и., 1998. – 102 с.

5. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Воронежа в 2000 году. – Воронеж: Б.и., 2001. – 44 с.

6. Загрязнение воздуха и жизнь растений: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 535 с.

7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе "почва-растение" / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 149 с.

8. Почвы, город, экология / Под ред. Добровольского Г.В. – М.: Фонд за экономическую грамотность, 1997. – 320 с.

9. Протасова Н.А. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков, М.Т. Копаева. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1992. – 165 с.

10. Рамад Ф. Основы прикладной экологии / Ф. Рамад. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 543 с.

11. Стороженко Н.В. Мониторинг земель г. Воронежа: первые результаты / Н.В. Стороженко, Т.А. Девятова // Экология городов: Инф. Сб. – 1995. – С. 32-35.

12. Федорова А.И. Кислотность почв под зелеными насаждениями г. Воронежа как индикационный признак состояния городской экосистемы / А.И. Федорова, Е.В. Шунелько // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. География и Геоэкология. – 2000. – №4. – С. 77-84.

13. Федорова А.И. Тяжелые металлы в поверхностных горизонтах почв городских ландшафтов / А.И. Федорова, С.А. Куролап // Геохимия биосферы: Тез. докл. совещ. – Ростов-на-Дону, 2001. – С. 274-276.

14. Щербаков А.П. Мониторинг земель города Воронежа / А.П. Щербаков, Т.А. Девятова // Природные ресурсы Воронежской области, их воспроизводство, мониторинг и охрана. – Воронеж, 1995. – С. 148-151.

УДК 502.31

В.Н. Жердев, С.Д. Беспалов

ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ ИХ СОСТОЯНИЯ

Оценка современного состояния природной среды как основы рекомендаций для различных типов хозяйственного использования территории достаточно актуальна во многих регионах. Выбор того или иного способа управления территорией зависит от разнообразия и

уровня организации территории, как с точки зрения ее ландшафтной структуры, так степени и характера освоенности в хозяйственно-экономическом плане. Под освоенностью в данном случае понимается глубина вовлечения объектов природы в технологический процесс.