

## Химико-биологическая оценка состояния городских почв

В. А. ЕФРЕМОВА<sup>1</sup>, Е. В. ДАБАХ<sup>2</sup>, Л. В. КОНДАКОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Вятский государственный гуманитарный университет  
610007, Киров, ул. Ленина, 198

<sup>2</sup>Вятская государственная сельскохозяйственная академия  
610017, Киров, Октябрьский проспект, 133  
E-mail: VitalinaRose@gmail.com

### АННОТАЦИЯ

Проведена оценка городских почв на примере г. Кирова методами химического анализа и биотестирования. Определено содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Ni, Fe, Pb), pH водной и солевой вытяжки, содержание гумуса в различных районах г. Кирова. По суммарному показателю техногенного загрязнения ( $Z_c$ ) городские почвы характеризуются низким уровнем загрязнения. При биотестировании использовали тест-объекты разных трофических групп: *Daphnia magna Straus*, *Paramecium caudatum*, *Escherichia coli*. Приведены результаты сравнительного анализа чувствительности разных методов биотестирования.

**Ключевые слова:** городские почвы, экологическая оценка, валовые и подвижные формы тяжелых металлов, биотестирование, токсичность.

Одним из компонентов геосистемы, формирующейся в условиях урбанизации, является почва. В городе происходит значительное преобразование всех факторов почвообразования (климата, рельефа, растительности, почвообразующих пород), и ведущим становится антропогенный фактор [1]. Впервые термин “городские почвы” был введен Бокгеймом в 1974 г. [2]. Городские почвы обладают специфическими свойствами: материнской породой являются насыпные, намывные и перемешанные грунты или культурный слой; наличие включений строительного и бытового мусора в верхних горизонтах; нейтральная или щелочная реакция; высокая загрязненность тяжелыми металлами и нефтепродуктами; пониженная влагоемкость, повышенная объемная масса, уплотненность, каменистость; рост профиля вверх за счет постоянного привнесения различных матери-

алов и интенсивного эолового напыления [1]. Точный анализ сложных взаимодействий между загрязнением, вызванным человеческой деятельностью, и окружающей средой требует применения многофункционального подхода. Для оценки экологического риска и биологической чувствительности предложена система, объединяющая данные трех научных направлений – химии, экотоксикологии и экологии [3]. Изучению почвенного покрова урбанизированных территорий уделяется внимание во всех регионах России [4–8]. Приоритетными элементами, загрязняющими городские почвы, являются цинк, кадмий, свинец и медь [9]. Существует геохимическая специализация территорий, находящихся под воздействием различных техногенных источников. Например, главенствующую роль для территорий транспортного типа имеет Pb. Кроме него в состав ассоциаций загрязните-

лей входят V, Zn, Cu, Ni, Cr – элементы выбросов дизельных двигателей. В городах с многоотраслевой промышленностью спектр загрязнителей довольно широкий – Pb, Cu, Mn, Cr, Mo, Se, V [10]. По темпам накопления в почвах Pb зоны различного функционального назначения образуют следующий ряд: крупные автомагистрали и промзоны  $\geq$  старые жилые кварталы > агроландшафты > внутрирайонные улицы > рекреационная зона > новостройки [11]. Установлено, что содержание тяжелых металлов зависит от многих факторов, в том числе и от рельефа местности. В работе [12] показано, что на повышенных формах рельефа происходит накопление никеля, хрома, ванадия, марганца, свинца. Городские почвы изучаются методами биотестирования [13–15]. В работе [13] проведена оценка токсичности проб почв г. Саратова с использованием тест-организмов разной трофической принадлежности: *Chlorella vulgaris*, *Lemna minor*, *Daphnia magna*, *Raphanus sativus*. Использование биотест-объекта *Lemna minor* было наиболее информативным, поскольку ряска малая обладает высокой чувствительностью к воздействию различных экотоксикантов. Наименее информативным оказался фитотест-объект *Raphanus sativus*.

Проблема экологического состояния городских почв актуальна и для г. Кирова – центра Кировской области. Согласно схеме геоморфологического районирования, территория города входит в пояс полесий и ополжий, протянувшийся с северо-востока на юго-запад [16]. В районе г. Кирова пояс полесий пересекается с размытой северной частью Вятского Увала. К западу от города по левому берегу р. Вятки тянется Кировская (Средневятская) низменность. Основная часть города расположена на левом коренном берегу р. Вятки. Максимальные высоты местности в городской черте достигают 170–180 м.

Особенности факторов почвообразования в г. Кирове характерны и для других городов: температура в среднем на 1–3 °С выше окрестностей, особенно это заметно весной и зимой [17]; сглаженный рельеф, особенно на перекрестках дорог; специфическая растительность; отсутствие связи почв с почвообразующей породой. Среди экзогенных процес-

сов можно выделить оползни, провалы грунтов, эрозию.

Территория города составляет 757 км<sup>2</sup>, численность населения 464,1 тыс. человек [18]. Основные экологические проблемы города связаны с высокой концентрацией крупных промышленных объектов, большой плотностью населения и инфраструктуры, с транспортными потоками.

Цель исследования – дать экологическую оценку почв г. Кирова методами химического анализа и биотестирования.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Смешанные образцы почв для определения содержания тяжелых металлов отбирали с глубины 0–10 см на газонах вдоль крупных автомагистралей на разном расстоянии от полотна дороги (0–10, 10–20, 30–40 м) и в промышленной зоне г. Кирова – в районе Биохимического завода (рис. 1). Для биотестирования смешанные образцы почв отбирались так же с глубины 0–10 и 10–20 см в рекреационной зоне г. Кирова (Александровский сад, парк им. Ю. А. Гагарина) и в зонах с высокой автотранспортной нагрузкой.

Значения pH и содержание гумуса определяли общепринятыми методами [19]. Подвижные формы тяжелых металлов извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Для определения валового химического состава почвы обрабатывали азотной кислотой. В полученных вытяжках тяжелые металлы определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии [20]. Для характеристики техногенного загрязнения тяжелыми металлами рассчитывали коэффициент концентрации химического вещества ( $K_c$ ). Степень загрязнения почвы тяжелыми металлами оценивали по величине суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ), используя оценочную шкалу, рекомендуемую в методических указаниях [21].

При биотестировании использовали тест-объекты разных трофических групп: низшие ракообразные *Daphnia magna* Straus (дафнии), простейшие *Paramecium caudatum* (инфузории) и люминесцентные бактерии *Escherichia coli*.



Рис. 1. Точки отбора почвенных образцов на территории г. Кирова.

1-4 – перекресток улиц Московской и Производственной на расстоянии 1, 5, 15, 30 м от полотна дороги соответственно; 5-7 – перекресток улиц Профсоюзной и Карла Маркса на расстоянии 0-10, 10-20, 30-40 м от дороги соответственно; 8-10 – перекресток ул. Профсоюзной и Октябрьского проспекта на расстоянии 0-10, 10-20, 30-40 м от дороги соответственно; 11, 12 – район Биохимического завода; 13 – Александровский сад; 14 – перекресток улиц Ленина и Профсоюзной; 15 – перекресток улиц Воровского и Производственной; 16 – парк им. Гагарина; 17 – перекресток улиц Энгельса и К. Маркса

При использовании *Daphnia magna* определяли острую токсичность почв по показателю смертности рачков за 96 ч, а также хроническую токсичность почв по показателю плодовитости рачков *Daphnia magna* и их гибели за 24 дня [22].

Методика с использованием инфузорий основана на хемотаксической реакции тест-объекта в ответ на возможное присутствие в водной вытяжке загрязняющих веществ: *Paramecium caudatum* направленно перемещаются по градиенту концентрации этих веществ, избегая их вредного воздействия [23]. Параметры поведенческой реакции инфузорий определяли с помощью прибора “Биотестер-2”.

Методика с использованием *Escherichia coli* основана на определении изменения интенсивности биолюминесценции бактерий при воздействии токсических веществ, присутствующих в анализируемой пробе, по сравнению с контролем [24].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поведение загрязняющих веществ в почвах зависит от кислотно-основных свойств и содержания органического вещества. В изученных нами почвах г. Кирова отмечается высокое значение рН солевой вытяжки, которое варьирует от 7,1 до 7,9, в то время как для дерново-подзолистых почв Кировской области характерна кислая реакция (рН<sub>KCl</sub> в среднем составляет 4,8), в ненарушенных дерново-карбонатных почвах г. Кирова рН варьирует от 6,0 до 7,2 [25]. Содержание гумуса в городских почвах составляет от 5,9 до 13,3 %, что выше значений, характерных для ненарушенных дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв г. Кирова (табл. 1).

На поведение тяжелых металлов в почве влияет также содержание несиликатных со-

единений железа [26]. Во всех исследованных почвах г. Кирова концентрация валового железа невысокая – от 3,8 до 6,8 г/кг, в условиях щелочной реакции подвижность его невелика [27].

Согласно литературным данным, приоритетными тяжелыми металлами, загрязняющими городские почвы, являются цинк, кадмий, свинец и медь [9]. В связи с этим мы определили концентрации валовых и подвижных соединений цинка, меди, кадмия, никеля и свинца в транспортной и промышленной зонах г. Кирова.

Валовое содержание Zn в почвах варьирует от 64 мг/кг в районе Биохимического завода до 183 мг/кг на ближайшем расстоянии от полотна дороги на одном из перекрестков в центре г. Кирова. Таким образом, валовые концентрации цинка не превышают ОДК ни в транспортной, ни в промышленной зоне г. Кирова [28, 29]. Минимальное содержание подвижного цинка составляет 14,9 мг/кг в районе Биохимического завода, максимальное – 43,6 мг/кг (1,9 ПДК) на дальнем расстоянии от полотна дороги (табл. 2). Цинк и кадмий по сравнению с другими тяжелыми металлами отличаются большей подвижностью [30]. Доля подвижного Zn от валового содержания в почвах г. Кирова составляет 22–38 %, Cd – 33–67 %. Максимальные значения характерны для почв перекрестков.

При анализе распределения подвижных соединений Cu отчетливо прослеживается закономерное снижение их содержания в почве по мере удаления от полотна дороги на всех исследованных перекрестках. Например, на перекрестке улиц Московской и Производственной на расстоянии 1 м от дороги концентрация меди составляет 7,9 мг/кг, а на расстоянии 40 м от перекрестка снижается до 2,4 мг/кг. При этом соотношение подвижных и валовых форм (П/В) также

Т а б л и ц а 1  
Реакция среды и содержание гумуса в городских почвах

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
рН <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	7,8	8,2	8,0	8,1	7,8	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,5	7,5
рН <sub>KCl</sub>	7,6	7,9	7,7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,1	7,3	7,1	7,1
Гумус, %	9,2	5,9	7,3	12,4	6,8	13,3	11,2	10,1	9,0	7,9	8,0	6,5

П р и м е ч а н и е. 1–12 – точки отбора образцов почв (см. рис. 1).



## Содержание тяжелых металлов в почвах г. Кирова

Элемент	ПДК (ОДК), мг/кг												С <sub>ф</sub>			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Zn	П	<b>38,7</b>	<b>24,4</b>	16,6	<b>38,4</b>	20,7	<b>33,0</b>	<b>26,1</b>	<b>40,0</b>	<b>40,4</b>	<b>43,6</b>	14,9	17,5	23,0	-	
	В	107,9	81,1	68,9	105,6	86,1	132,0	69,6	182,5	130,0	154,6	63,9	64,1	220	58	-
Cu	П/В	36	30	24	36	24	25	38	22	31	28	23	27	-	-	-
	П	<b>7,9</b>	<b>7,4</b>	2,4	2,5	1,3	0,6	0,6	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	3,0	-	-
Cd	В	67,2	110,2	42,1	41,3	32,3	38,6	23,3	46,6	38,6	34,9	41,6	26,2	132	28	-
	П/В	12	7	6	6	4	2	3	3	3	3	2	3	-	-	-
Ni	П	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	-	-	-
	В	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	2,0	-	-
Pb	П/В	50	50	50	67	50	33	50	50	67	67	50	67	-	-	-
	П	<b>6,6</b>	<b>6,2</b>	2,3	3,0	1,0	0,6	0,7	1,4	1,1	1,2	1,1	0,8	4,0	-	-
Z <sub>c</sub>	В	73,5	61,3	34,2	33,8	39,1	29,1	22,5	28,7	23,6	25,6	25,0	28,6	80	33	-
	П/В	9	10	7	9	3	2	3	5	5	5	4	3	-	-	-
Z <sub>c</sub>	П	3,7	4,1	3,2	4,1	2,9	2,6	<b>6,4</b>	<b>7,5</b>	5,0	<b>6,5</b>	0,9	0,6	6,0	-	-
	В	15,1	12,2	16,3	18,8	18,3	24,0	15,6	36,7	29,6	35,3	5,9	7,3	130	12	-
Z <sub>c</sub>	П/В	25	34	20	22	16	11	41	20	17	18	15	8	-	-	-
	В	4,8	5,2	2,1	2,9	2,4	3,6	1,0	5,8	3,8	4,6	0,9	0,5	-	-	-

Примечание. Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК и ОДК; 1-4 – перекресток улиц Московской и Производственной на расстоянии 1, 5, 15, 30 м от полотна дороги соответственно; 5-7 – перекресток улиц Профсоюзной и Карла Маркса на расстоянии 0-10, 10-20, 30-40 м от дороги соответственно; 8-10 – перекресток ул. Профсоюзной и Октябрьского проспекта на расстоянии 0-10, 10-20, 30-40 м от дороги соответственно; 11, 12 – район Биохимического завода; П – подвижная форма (мг/кг), В – валовая форма (мг/кг), П/В – соотношение подвижных и валовых форм (%), С<sub>ф</sub> – фоновая концентрация (мг/кг), Z<sub>c</sub> – суммарный показатель техногенного загрязнения.

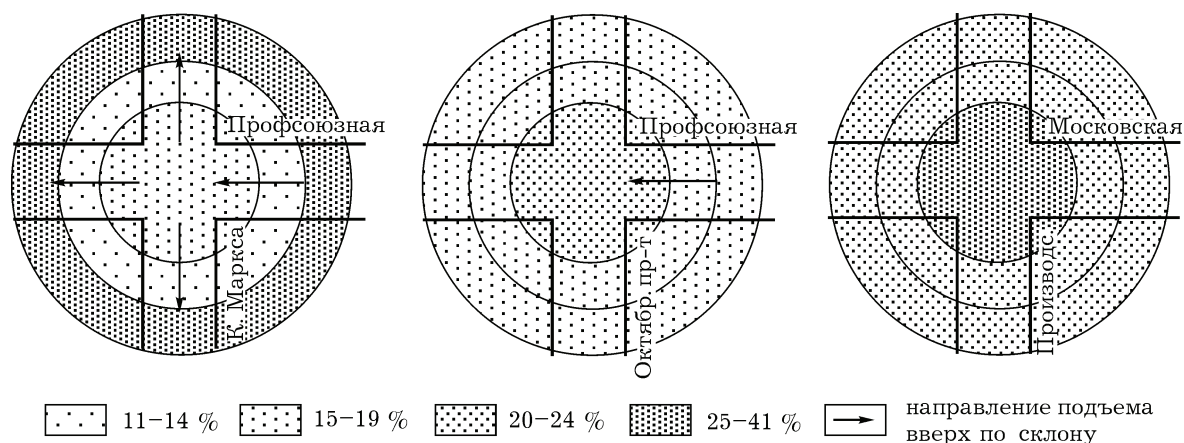


Рис. 2. Изменение соотношений концентраций подвижного и валового свинца по мере удаления от полотна дороги

закономерно снижается от 12 до 6 % (см. табл. 2).

По сравнению с фоновыми показателями отмечены повышенные концентрации Zn в 3,1 раза, Cu в 3,9 раз, Ni в 2,2 раза и Pb в 3,1 раза [31]. Отметим, что фоновые содержания тяжелых металлов установлены для почв Кировской области без учета их классификационной принадлежности. Городские почвы относятся к преобразованным почвам с нарушенным профилем, часто они не связаны с подстилающей породой. Сопоставление этих почв по содержанию в них тяжелых металлов носит весьма условный характер, однако дает некоторое представление об уровне загрязнения.

Основным источником выбросов свинца является автотранспорт. Крупные автомагистрали и промзоны стоят на первом месте по темпам накопления Pb в почве [11]. Особенно важно, что на удалении от источников загрязнения при снижении валового содержания Pb содержание его подвижных форм остается значительным [32]. На характер распределения тяжелых металлов, в том числе и свинца, влияют рельеф местности, загруженность автомагистралей, роза ветров, наличие зданий, сооружений и растительности. Концентрации подвижного Pb в городских почвах варьируют от 0,6 мг/кг в промышленной зоне до 7,5 мг/кг (1,3 ПДК) на расстоянии 0–10 м от перекрестка Профсоюзной улицы и Октябрьского проспекта. Концентрации валового Pb на всех перекрестках г. Кирова превышают фоновые значения. В распре-

лении подвижного и валового Pb четкой закономерности не прослеживается, что может быть связано с разнообразием источников загрязнения. Мы попытались проанализировать соотношение подвижного и валового Pb на основании того, что в загрязненных выбросами почвах доля подвижных соединений от валовых концентраций выше [33]. Максимальное соотношение концентраций подвижного и валового свинца составило 41 % на перекрестке улиц Карла Маркса и Профсоюзной на дальнем расстоянии от полотна дороги – 40 м (см. табл. 2). Данный перекресток находится в старой части города, в седловине между холмами, и при движении от него вверх по склону выброс выхлопных газов увеличивается. На перекрестке улиц Московской и Производственной наибольшее соотношение концентраций подвижного и валового свинца (25–34 %) обнаружено на расстоянии 1–5 м от полотна дороги, что можно объяснить большей площадью перекрестка, высокой загруженностью грузовым транспортом и относительно ровным рельефом местности (рис. 2).

Аналогичное распределение показателя, характеризующееся максимальной долей подвижных соединений от валовых концентраций свинца непосредственно около проезжей части, отмечено и на перекрестке Октябрьского проспекта и улицы Профсоюзной

Суммарный показатель техногенного загрязнения ( $Z_c$ ), рассчитанный для почв на перекрестках г. Кирова по 4 элементам (Zn, Cu, Ni, Pb), составляет 3,6, для почв промыш-

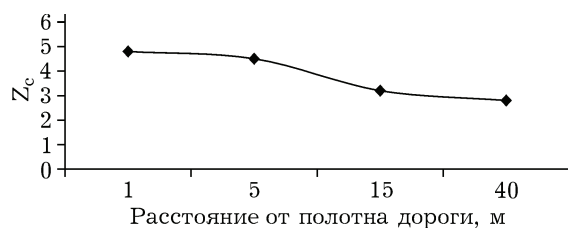


Рис. 3. Зависимость суммарного показателя техногенного загрязнения от расстояния от дороги

ленной зоны (район Биохимического завода) – 0,7, что соответствует низкому уровню загрязнения (см. табл. 2).

Вблизи крупных автомагистралей г. Кирова происходит постепенное снижение значения суммарного показателя техногенного загрязнения ( $Z_c$ ) от 4,8 на расстоянии 1 м от дороги до 2,8 на расстоянии 40 м от дороги (рис. 3). Несмотря на то что коэффициент техногенного загрязнения тяжелыми металлами постепенно уменьшается, концентрации отдельных тяжелых металлов (Zn, Pb) не всегда закономерно снижаются по мере удаления от дороги.

Методы биотестирования позволяют дать интегральную оценку токсичности почв неза-

висимо от вида загрязняющих веществ [34]. Токсичность определялась как в загрязненных почвах, образцы которых отбирались на перекрестках города, так и в почвах рекреационных зон.

Проведенные ранее исследования парков г. Кирова показали, что уровень загрязнения почв тяжелыми металлами невысокий – концентрация подвижной Cu составила 1,3 мг/кг, Pb – 0,8 мг/кг, Zn – 2,6 мг/кг, что не превышает ПДК [35]. Нами была определена интегральная токсичность почв в Александровском саду и в парке им. Гагарина.

Загрязняющие вещества часто находятся в почве в связанном состоянии, что препятствует адекватной оценке их токсичности. Несмотря на то что в почвах на перекрестках нами было отмечено превышение ПДК по ряду тяжелых металлов: Zn – в 1,4 раза, Pb – в 1,07 раза, острая токсичность при этом может не проявляться. По результатам биотестирования на *Daphnia magna* и *Paramecium caudatum* выявлено отсутствие острой токсичности (табл. 3).

Незначительные отклонения от контрольных значений наблюдаются в опыте с

Т а б л и ц а 3  
Результаты биотестирования городских почв

№ образца	Глубина, см	<i>Daphnia magna</i> , смертность, %		<i>Paramecium caudatum</i> , индекс токсичности, у.е.		“Эколюм”, индекс токсичности, у.е.	
		весна	осень	весна	осень	весна	осень
1	0–10	0	0	0	0,043	16,65	16,84
	10–20	6,7	6,9	0	0,050	19,07	<b>24,22</b>
2	0–10	0	0	0	0,152	0	<b>26,31</b>
	10–20	0	0	0	0,094	0	0
3	0–10	6,7	0	0	0	<b>22,82</b>	0
	10–20	0	0	0	0	10,54	0
4	0–10	0	0	0	0	<b>26,86</b>	<b>47,02</b>
	10–20	0	0	0	0	0	0
5	0–10	0	0	0	0	15,84	18,55
	10–20	0	0	0	0	<b>32,22</b>	<b>33,81</b>
6	0–10	0	0	0	0	0	0
	10–20	0	0	0	0	0	0
7	0–10	0	0	0,056	0	0	0
	10–20	0	0	0	0,016	0	0

П р и м е ч а н и е. 1 – Александровский сад; 2 – перекресток улиц Ленина и Профсоюзной; 3 – перекресток улиц К. Маркса и Профсоюзной; 4 – перекресток улиц Воровского и Производственной; 5 – парк им. Гагарина; 6 – перекресток улиц Энгельса и К. Маркса; 7 – перекресток улиц Московской и Производственной. Жирным шрифтом выделены показатели, свидетельствующие о токсичности пробы.

дафниями в вытяжках из почв Александровского сада, отобранных с глубины 10–20 см и в образцах почв, взятых на перекрестке улиц Карла Маркса и Профсоюзной. При анализе полученных результатов была поставлена задача исследовать хроническую токсичность почв по показателю плодовитости рачков *Daphnia magna* и их гибели за 24 дня. В условиях хронического опыта даже незначительные дозы токсикантов проявили свое действие. Показано, что водная вытяжка из почв за 24 дня экспозиции оказывает достоверное стимулирующее действие на плодовитость низших ракообразных *Daphnia magna*. Для парковых зон г. Кирова среднее количество родившейся молоди на одну самку за 24 дня составляет 21,8–45,4. Причем показания плодовитости оказались выше в образцах почв, отобранных с глубины 10–20 см. Для образцов почв из зон с высокой автотранспортной нагрузкой этот показатель составил 23,7–41,8. Выявленная стимуляция плодовитости (более 30 %) указывает на хроническую токсичность почв. Известно, что многие токсиканты при низких дозах оказывают стимулирующее действие на показатели состояния экосистем, например на продуктивность [36]. При этом для наиболее загрязненных образцов проявилась хроническая токсичность по критерию гибели рачков свыше 20 %, что является показателем значительного угнетения среды.

Биотестирование с использованием инфузорий свидетельствует о том, что токсикологическая характеристика почв ухудшается осенью по сравнению с весенним периодом: около 30 % проб отличаются по показателю токсичности от контрольных значений, при этом согласно методике такие пробы характеризуются как нетоксичные. Следовательно, наблюдается лишь слабая тенденция, свидетельствующая о накоплении загрязняющих веществ в почве за летний период. Вероятно, весеннее промачивание профиля в период снеготаяния отчасти снимает химическую нагрузку на верхние горизонты почв.

Тест-система “Эколюм” оказалась наиболее чувствительной к загрязнению городских почв в условиях острого опыта. Высокие индексы токсичности выявлены для некоторых перекрестков улиц с высокой автотранспортной нагрузкой (22,82–47,02), а также парка

им. Гагарина и Александровского сада (24,22–33,81) на глубине 10–20 см. Парки, предназначенные для отдыха населения, сильно подвержены влиянию рекреационной нагрузки, почвы могут быть захламлены и загрязнены, в том числе и органическими веществами, за счет выгула животных. Возможно, именно поэтому в почвах городских парков отмечаются относительно высокие индексы токсичности. При сравнении почвенных образцов, отобранных с разной глубины, нижний слой почв парковых зон (10–20 см), в отличие от почв на перекрестках, оказался более токсичным.

Тенденция увеличения токсичности почвы к осени более ярко проявляется в экспериментах с бактериями. Выделяются пробы, отобранные в разные периоды на перекрестках улиц Воровского и Производственной: индекс токсичности увеличивается к осени более чем в 1,5 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы г. Кирова в отличие от зональных дерново-подзолистых почв южно-таежной подзоны и ненарушенных пригородных дерново-карбонатных выщелоченных и оподзоленных почв характеризуются щелочной реакцией ( $pH_{KCl}$  7,1–7,9). Содержание гумуса в них составляет от 5,9 до 13,3 %.

В почвах на городских перекрестках валовые концентрации тяжелых металлов не превышают ОДК, однако содержание подвижных соединений довольно высокое: Zn – до 2 ПДК, Cu – до 2,6 ПДК, Ni – до 1,6 ПДК, Pb – до 1,2 ПДК.

Каких-либо закономерностей в пространственном распределении отдельных металлов в почвах на перекрестках не выявлено, так как оно зависит от рельефа местности, загруженности автомагистралей, розы ветров, наличия зданий, сооружений, растительности, состава выбросов. Однако суммарный показатель техногенного загрязнения ( $Z_c$ ) закономерно снижается по мере удаления от полотна дороги. Абсолютные значения  $Z_c$  соответствуют низкому уровню загрязнения.

По результатам биотестирования, проведенного на тест-объектах разных трофических групп, отмечено, что наиболее чувствительными к антропогенному загрязнению



городских почв являются бактерии тест-системы “Эколюм”. Высокие индексы токсичности характерны как для почв вокруг городских перекрестков с интенсивной автотранспортной нагрузкой, так и для парковых зон.

Отмечена тенденция увеличения токсичности почв (в остром опыте) в осенний период по сравнению с уровнем токсичности почв, выявленным в образцах, отобранных весной.

В почвах вокруг городских перекрестков максимальная токсичность проявляется в верхнем 10 см слое, в парковой зоне наиболее токсичным оказался нижележащий слой (10–20 см).

Полученные результаты исследований могут служить основанием для дальнейшего мониторинга городских почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. Bockheim J. G. Nature and properties of highly disturbed urban soils. Philadelphia, Pennsylvania, 1974.
3. Dagnino A., Sforzini S., Dondero F., Fenoglio S., Bona E., Jensen J., Viarengo A. “Weight of evidence” approach for the integration of environmental “triad” data to assess ecological risk and biological vulnerability // Integrated Environmental Assessment and Management: SETAC, 2008. Vol. 4, N 3. P. 314–316.
4. Хомяков Д. М. К вопросу об оценке уровня загрязнения и состояния городских почв // Современные проблемы загрязнения почв: сб. материалов Международ. науч. конф. М., 2010. С. 53–57.
5. Матинян Н. Н., Бахматова К. А., Шешуков А. А. Тяжелые металлы в почвах Санкт-Петербурга // Там же. М., 2004. С. 145–146.
6. Жигулина Ю. А. Тяжелые металлы в почвах разных функциональных зон г. Новосибирска // Экология урбанизированных территорий. 2008. № 3. С. 51–53.
7. Башмаков Д. И., Лукаткин А. С. Загрязнение почв окрестностей города Саранска тяжелыми металлами и возможности фиторемедиационных мероприятий // Современные проблемы загрязнения почв: сб. материалов Международ. науч. конф. М., 2004. С. 297–299.
8. Околедова А. А., Шишкунов В. М., Надточий И. В. Об оценке загрязнения почв Волгограда тяжелыми металлами // Там же. М., 2007. С. 137–140.
9. Курбатова А. С., Неглядюк О. Ф. Загрязнение городских почв Москвы тяжелыми металлами и мышьяком // Там же. М., 2004. С. 317–319.
10. Трефилова Н. Я. Геохимическая специализация территорий различного хозяйственного использования // Прикладная геохимия. М., 2000. С. 135–143.
11. Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е. Динамика загрязнения городских почв свинцом (на примере восточного округа Москвы) // Почвоведение. 2007. № 8. С. 984–997.
12. Воробьева И. Б. Почвенный мониторинг городских территорий (на примере Иркутска) // Современные проблемы загрязнения почв: сб. материалов Международ. науч. конф. М., 2004. С. 193–195.
13. Трояновская Е. С., Абросимова О. В., Тихомирова Е. И. Оценка состояния почв городских территорий методами комплексного биотестирования // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 2. С. 32–36.
14. Шунелько Е. В., Федорова А. И. Экологическая оценка городских почв и выявление уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. География, геоэкология. 2002. № 1. С. 93–104.
15. Роголева Н. О. К вопросу о биотоксичности почв городских парков // Вопросы современной науки и практики / Университет им. Вернадского. Тамбов: Изд.-полиграф. центр Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. № 1(15). С. 17–21.
16. Исупова Е. М. Рельеф // Энциклопедия земли Вятской / отв. В. А. Ситников Киров: ГИПП “Вятка”, 1997. Т. VII: Природа. С. 112–141.
17. Френкель М. О. Климат // Там же. С. 142–174.
18. Город Киров: социально-экономическое положение: стат. сб. Киров, 2009. 44 с.
19. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
20. Методика выполнения измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом. М., 2007. 13 с.
21. МУ 2.1.7.730-99 “Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест”.
22. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: Акварос, 2007. 51 с.
23. Методика определения токсичности проб почв, донных отложений и осадков сточных вод экспресс-методом с применением прибора “Биотестер”. СПб.: Спектр-М, 2010. 15 с.
24. Определение интегральной токсичности почв с помощью биотеста “Эколюм”. Методические рекомендации. М., 2007. 17 с.
25. Тюлин В. В. Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, 1976. 288 с.
26. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
27. Воробьева Л. А. Лекции по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 150 с.
28. ГН 2.1.7.2041-06 “Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве”.
29. ГН 2.1.7.2511-09 “Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (валовое содержание)”.
30. Kabata-Pendias A. A current issue of biogeochemistry of trace elements // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. II Международ. науч.-практ. конф. Семипалатинск, 2002. Т. 1. 512 с.
31. Эколого-геохимическая карта почв Кировской области. СПб.: ВСЕГЕИ, 1996.

32. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М.: ГНУ Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. 184 с.
33. Мотузова Г. В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 166 с.
34. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / под ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Киров: О-Краткое, 2008. 336 с.
35. Соловьева Е. С., Ашихмина Т. Я., Широких И. Г. Оценка химического загрязнения урбаноземов г. Кирова // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. Саратов, 2011. Ч. 1. С. 136–139.
36. Марфенина О. Е. Микробиологические аспекты охраны почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 118 с.

## Chemical and Biological Evaluation of the State of Urban Soil

V. A. EFREMOVA<sup>1</sup>, E. V. DABAKH<sup>2</sup>, L. V. KONDAKOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vyatka State Humanitarian University  
610007, Kirov, Lenin str., 198

<sup>2</sup> Vyatka State Agricultural Academy  
610017, Kirov, Oktyabrskiy ave., 133  
E-mail: VitalinaRose@gmail.com

Evaluation of urban soil for Kirov as example was carried out by means of chemical analysis and biotesting. Total content and the concentrations of mobile forms of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Ni, Fe, Pb), pH of water and salt extracts, humus content were determined in different regions of the Kirov city. On the basis of the total index of tecnogenic pollution ( $Z_c$ ), urban soil is characterized by the low level of pollution. Test objects of different trophic groups were used for biotesting: *Daphnia magna* Straus, *Paramecium caudatum*, *Escherichia coli*. Results of the comparative analysis of the sensitivity of different biotesting methods are presented.

**Key words:** urban soil, ecological evaluation, total and mobile forms of heavy metals, biotesting, toxicity.