

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА г. ПЕРМИ *

М.А. Шишкин, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

В.А. Гусев, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

Н.П. Шерстобитова, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН*

По результатам эколого-аналитических исследований проведена оценка степени химического загрязнения городских почв микроэлементами 1, 2 и 3-го классов опасности и органическими токсикантами. Выполнено картирование пространственной структуры экологического состояния почв жилой зоны г. Перми с выделением аномальных участков.

Ключевые слова: почва, химическое загрязнение, металлополлютанты, экотоксиканты, экологическое состояние, картирование.

Введение

Концентрирование в природных объектах химических веществ наиболее контрастно проявляется на урбанизированных территориях и характеризуется значительной глубиной воздействия на биогеоценозы и население. Особую озабоченность вызывает тот факт, что многие элементы и соединения переходят в высокоактивное рассеянное состояние и через механизмы переноса оседают на подстилающую поверхность, загрязняя объекты биогеоценоза и воздействуя на организм человека, что приводит к появлению специфической заболеваемости, ослаблению иммунных систем и росту болезней аллергического характера.

В 2016–2018 гг. было проведено комплексное обследование экологического состояния городских почв жилой зоны г. Перми по результатам химических и микробиологических исследований. В настоящей статье приведены результаты определения содержаний подвижных форм

микроэлементов 1-го (кадмий, свинец, цинк), 2-го (медь, никель) и 3-го (марганец) классов опасности и идентификации органических экотоксикантов.

Объекты и методы исследования

Почва – основа городской экологической системы, в которой происходит взаимодействие воздушных и водных компонентов среды. На экологическое состояние почвенного покрова, отражающего как прошлые, так и настоящие процессы загрязнения, оказывают негативное воздействие производственные объекты и автотранспорт через выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Город Пермь – крупный индустриальный центр, и аэрогенное загрязнение почв является одним из наиболее распространенных почвенных нарушений. Жилая зона чередуется с территориями предприятий, парками, городскими лесами и занимает около 40% от общей площади города [8]. Суммарная площадь город-

* Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Эколого-аналитическая оценка загрязнения почвенного покрова г. Перми № 16-45-590497.

ских зелёных насаждений достигает 400 км². По территории города проходят напряженные автомагистрали федерального значения и железные дороги.

Почвенный покров сформирован на элювиально-делювиальных тяжелых суглинках, породах пермской системы и древнем аллювии и представлен дерново-среднеподзолистыми тяжелосуглинистыми почвами, в долинах рек – дерновыми, дерново-глебоватыми, аллювиальными и торфяно-болотными почвами [2]. На урбанизированных территориях выделяют естественные почвы, естественно-антропогенные поверхностно преобразованные почвы, антропогенные глубоко преобразованные урбаноземы и техногенные поверхностные почвоподобные образования [1, 7], и наиболее объективную картину изменений, происходящих в почве в результате антропогенеза, можно получить на участках с сохраненными зональными почвами.

Для выявления антропогенной нагрузки была проведена почвенная съемка с плотностью опробования одна пробная площадка на один км². Отбор проб проведен с глубины до 5 см на участках, где почвы в значительной мере сохранили свой генетический профиль [3]. Отобрано и проанализировано 214 городских почв на территориях районов: Орджоникидзевского (ОР), Мотовилихинского (МР), Ленинского (ЛР), Свердловского (СР), Дзержинского (ДР), Индустриального (ИР) и Кировского (КР). Контрольные образцы были взяты в 25–40 км западнее и юго-западнее г. Перми (с. Ласва, д. Ольховка).

Содержание подвижных форм металлополлютантов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Shimadzu AA-6300 в пламени ацетилен-воздух, используя водную и кислотную вытяжки [4, 5]. Обработку полученных данных проводили методами прикладной геохимии. Параметры загрязнения (коэффициенты накопления – *K_c*, суммарные показатели загрязнения – *СПЗ*) определяли по сравнению с их значениями в контрольной (фоновой) выборке [6].

В соответствии с ИСО 110704-4 фоновая концентрация – это средняя концентрация вещества в исследуемой почве, зависящая от геологических и почвообразующих условий, поэтому фоновыми (контрольными) массовыми долями химических элементов можно считать их концентрации в почвах ландшафтов, не подвергавшихся импактному техногенному воздействию, удаленных примерно на 15 км и более от источника выбросов.

Идентификацию органических соединений проводили методом ГХ-МС с использованием хромато-масс-спектрометрической системы «Agilent 6890/5973N». Для извлечения органических соединений из почв использовали жидкостную экстракцию хлороформом на аппарате Сокслета. Разделение органических примесей, присутствующих в экстрактах, проводили на капиллярной колонке HP-5MS 30м x 0,25мм x 0,25мкм) при программировании температуры. Полученные хроматограммы обрабатывали с помощью автоматизированной системы обработки масс-спектральных данных AMDIS с поиском целевых компонентов по данным библиотеки Американского Агентства окружающей среды NIST05/NISTEPА.MSL с фактором сходства не менее 80%.

Результаты и их обсуждение

Содержание кислоторастворимых форм металлополлютантов в исследованных почвенных образцах приведено в табл. 1, из которой следует, что токсичные металлы обнаружены в большинстве исследованных образцов. Накопление Cd, Pb, Zn, Cu и Ni (*K_c* > 1,5) отмечено в 53–89% изученных образцов почв Ленинского района. На территории Дзержинского и Индустриального района массовые доли Pb, Zn, Cu и Ni выше контроля в 52–78% проб. В Кировском районе зафиксировано накопление Pb (93%) Zn (61%) и Cu (64%). В городских образцах накопление Mn выявлено в единичных случаях. Установлено, что на загряз-

Содержание кислоторастворимых форм металлов (мг/кг)
в почвах по районам г. Перми и в контроле

Районы (площадки)	Показатели	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn
ОР (56)	Встречаемость, %	100	98	98	96	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,03-1,4</u> 0,32	<u>6,4-47,9</u> 19,4	<u>26,5-79,4</u> 54,5	<u>8,1-72,5</u> 20,1	<u>6,9-47,3</u> 19,2	<u>26,6-603,2</u> 297,9
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	27/7	34/21	14/0	29/19	13/0	2/0
МР (38)	Встречаемость, %	100	92	97	97	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,06-1,3</u> 0,34	<u>7,5-77,0</u> 21,7	<u>27,9-177,3</u> 65,4	<u>9,7-59,9</u> 25,7	<u>9,5-44,2</u> 24,3	<u>72,9-565,9</u> 281
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	47/25	18/33	21/14	63/25	11/1	0
ЛР (19)	Встречаемость, %	100	95	89	95	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,18-1,4</u> 0,6	<u>13,1-101</u> 46,7	<u>28-293,5</u> 65,4	<u>7,1-60,6</u> 29	<u>11,6-80,7</u> 31,2	<u>72,9-565,9</u> 281
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	74/50	89/71	63/75	74/43	53/20	0
СР (25)	Встречаемость, %	100	96	100	100	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,15-1,0</u> 0,44	<u>12,6-85,3</u> 30	<u>46,8-224,1</u> 103,4	<u>13,7-44,2</u> 26	<u>23-113,7</u> 45	<u>179,5-747,4</u> 324
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	28/0	52/34	48/8	48/0	32/0	0
ДР (23)	Встречаемость, %	100	100	100	100	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,09-0,83</u> 0,33	<u>8,3-112,9</u> 40	<u>19,3-240,7</u> 107,8	<u>10,6-125,7</u> 31,5	<u>8-112,1</u> 36,1	<u>149,5-547,8</u> 304
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	43/30	78/61	61/50	78/39	52/42	4/0
ИР (24)	Встречаемость, %	100	100	100	100	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,15-1,5</u> 0,4	<u>11,2-98,3</u> 30	<u>25,8-210,6</u> 105,7	<u>7,7-37,7</u> 23,4	<u>12,23-104,6</u> 41,2	<u>148,5-735,4</u> 401,5
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	45/30	73/19	64/21	59/15	64/21	5/100
КР (28)	Встречаемость, %	100	96	100	100	100	100
	Минимум- максимум среднее	<u>0,06-0,5</u> 0,24	<u>8,1-103,5</u> 29,8	<u>12,8-152,6</u> 69,3	<u>5,9-24,3</u> 13,8	<u>4,1-55,6</u> 16,6	<u>73,8-655,4</u> 272,2
	Кс > 1,5 / Кс > 3, %	36/0	93/69	61/29	64/0	29/13	7/0
Контроль (с. Ласьва)		0,18	6,51	35,85	8,66	12,23	357,48
Контроль (с. Ольховка)		0,36	17,19	66,15	16,68	29,96	973,82

ненных площадках высока доля проб с коэффициентами накопления на уровне 3Кс и выше по содержанию свинца в Ленинском (71%), Кировском (69%)

и Дзержинском (61%), по содержанию цинка – в Ленинском (75%) и Дзержинском (50%) районах. Следует отметить, что на половине загрязненных Cd пло-

щадок Ленинского района его массовые доли превышают контрольные в 3 и более раза. Коэффициенты накопления марганца в Индустриальном районе на всех 5% загрязненных площадок более трех (см. табл. 1).

По средним значениям коэффициентов накопления выявлены ассоциации микроэлементов: накапливающиеся ($Kc \geq 1,5$), близкие к контролю ($Kc < 1,5 > 1$) и ниже контроля ($Kc < 1,0$) (табл. 2). В группе накапливающихся и превышающих контрольные содержания преобладают микроэлементы 1-го и 2-го классов опасности (Pb, Zn, Ni, Cu и реже Cd). По отношению к контролю дефицитными являются содержания марганца. Больше всего накапливающихся металлополлютантов выявлено в почвенных образцах Ленинского района, минимум – на площадках Орджоникидзевского района (см. табл. 2).

Значения СПЗ кислоторастворимыми формами металлов изменяются от 1 до 44, при среднем значении 6.

Пространственное распределение показателя СПЗ показано на рис. 1, из которого видно, что на большинстве обследованных площадок значения Zc не превышают среднее по городу, причем на 53 из них загрязнения металлополлютантами вообще не выявлено. Однако на 30% пробных площадок установлены повышенные (выше среднего + стандарт) и аномальные значения (выше среднего + 2 стандарта) значения показателя СПЗ.

Аномальный уровень загрязнения металлополлютантами обнаружен в Ленинском (9 площадок), Дзержинском (8 площадок), Индустриальном (2 площадки) и Кировском (2 площадки) районах (см. рис.). Максимальное значение $Zc = 44$ зафиксировано на площадке №77 (Дзержинский район).

Результаты определения массовых долей водорастворимых форм микроэлементов в водных вытяжках по районам г. Перми приведены в табл. 2. Во всех исследованных образцах обнаружен Zn, Cu, Ni и Mn. В большинстве водных вытяжек образцов почв выявлен Cd (63–88%), и только в пробах Кировского района его встречаемость составила 18%. Свинец в целом по городу обнаружен в 65% исследованных образцов с максимальной встречаемостью (95%) на площадках Индустриального района при минимуме (8%) в образцах из Свердловского района (см. табл. 2). Среди накапливающихся Pb, Cu и Ni значения $Kc > 3$ выявлены на площадках Ленинского (100–84%) и Дзержинского (59–78%) районов. Значения $Kc > 3$ установлены для Cd (78%) и Cu (88%) в образцах из Свердловского района. Максимальное число проб выше контроля в 3 и более раза обнаружено для кадмия на площадках Индустриального района (см. табл. 2).

Из табл. 3, в которой приведены ассоциации водорастворимых форм микроэлементов, следует, что в большинстве районов в группе накапливающихся так-

Таблица 2

Геохимические ассоциации кислоторастворимых форм металлов в почвах по районам г. Перми

Районы (площадки)	Накапливающиеся	Близкие к контролю	Ниже контроля
ОР (56)	Pb _{1,5}	Cu _{1,4} > Cd _{1,1}	Zn _{1,0} > Ni _{0,8} > Mn _{0,5}
МР(38)	Cu _{1,9} > Pb _{1,7}	(Cd, Zn) _{1,2}	Ni _{1,0} > Mn _{0,4}
ЛР(19)	Pb _{5,4} > Zn _{2,8} > Cu _{2,6} > Cd _{2,5} > Ni _{1,9} > Mn _{1,5}	-	-
СР (25)	Pb _{1,7} > (Zn, Cu, Ni) _{1,5}	Cd _{1,2}	Mn _{0,4}
ДР (23)	Pb _{4,5} > Cu _{3,2} > Zn _{2,3} > Ni _{2,1}	Cd _{1,4}	Mn _{0,6}
ИР(24)	Pb _{2,7} > Ni _{2,2} > Zn _{2,1} > Cu _{1,9} > Cd _{1,5}	-	Mn _{0,7}
КР (28)	Pb _{4,4} > Zn _{2,0} > Cu _{1,6}	Ni _{1,4} > Cd _{1,3}	Mn _{0,7}

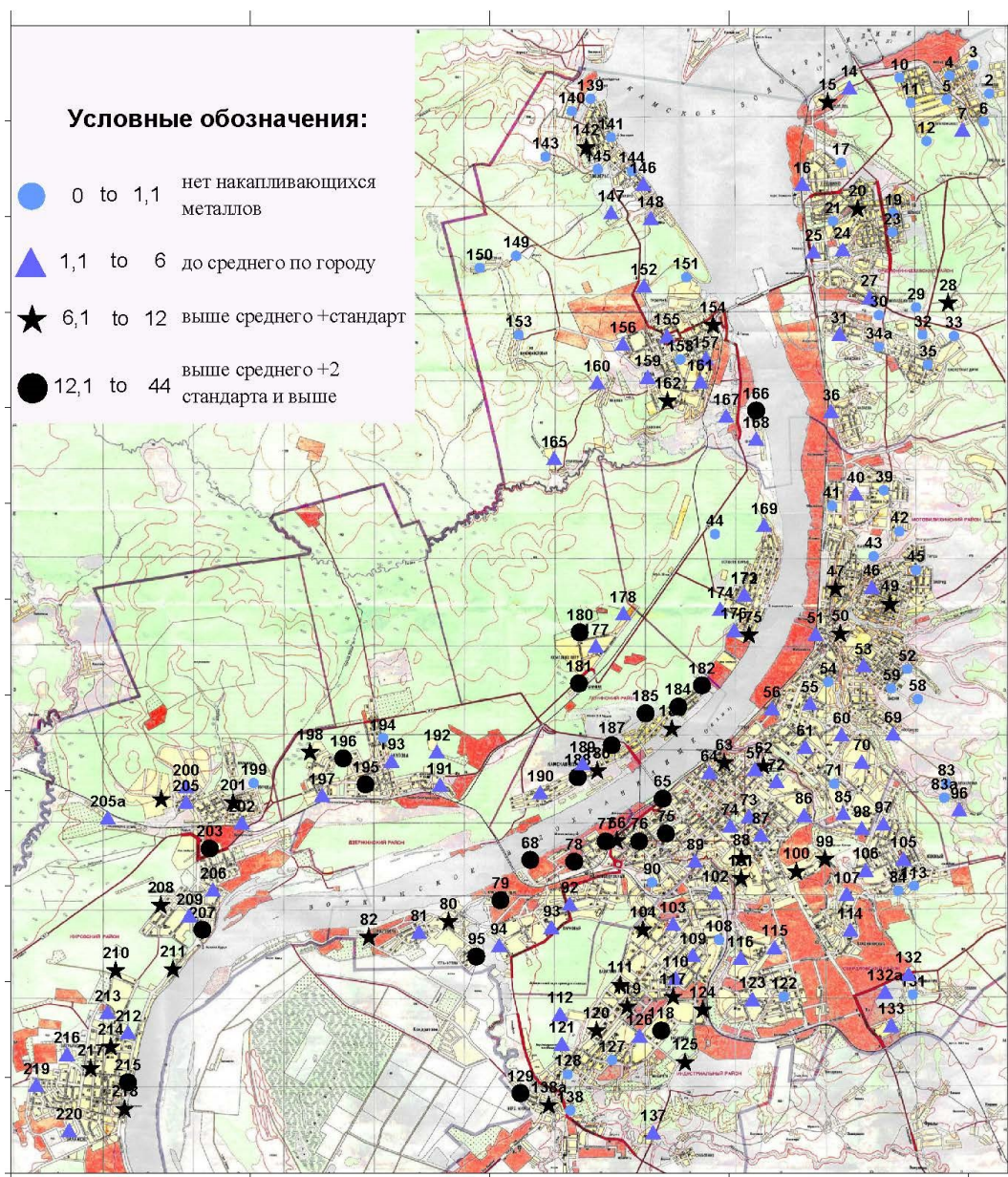


Рис. 1. Карта распределения значений СПЗ кислоторастворимых форм металлов в почвах жилой зоны г. Перми

же обнаружены опасные металлополлютанты (Pb Ni, Cu, Cd). При этом массовые содержания водорастворимого Zn, в большинстве случаев, ниже контроля (см. табл. 4).

Значения суммарного показателя загрязнения СПЗ в водных вытяжках составили 1 – 41 при среднем значении 8. Распределение значений СПЗ по водорастворимым формам металлов на обследованной территории приведено на рис. 2. Как следует из рис. 2, в большинстве (57%)

случаев значения суммарного показателя загрязнения не превысили среднее по городу, а на 4 площадках Орджоникидзевского района $СПЗ \leq 1$. Повышенные уровни загрязнения (СПЗ выше среднего по городу + стандарт) зафиксированы на 30% пробных площадок. Самое большое число площадок с аномальным загрязнением (СПЗ выше среднего по городу + два стандарта) выявлено в Ленинском районе (13 площадок); далее следуют Кировский (5 площадок), Индустри-

Таблица 3

Содержание водорастворимых форм металлов (мг/л)
в почвах по районам г. Перми и в контроле

Районы (площадки)	Показатели	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn
ОР (56)	Встречаемость, %	73	80	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,001-0,3</u> 0,01	<u>0,1-0,64</u> 0,34	<u>0,08-0,75</u> 0,29	<u>0,11-1,66</u> 0,30	<u>0,66-0,4</u> 0,2	<u>0,04-2,25</u> 0,79
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	29/0	64/28	14/13	66/27	54/33	9/20
МР(38)	Встречаемость, %	63	79	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,003-0,03</u> 0,02	<u>0,05-0,6</u> 0,28	<u>0,05-0,36</u> 0,17	<u>0,11-1,1</u> 0,39	<u>0,09-0,5</u> 0,3	<u>0,07-2,0</u> 0,51
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	54/15	53/13	3/0	87/45	82/35	0
ЛР(19)	Встречаемость, %	89	58	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,01-0,06</u> 0,04	<u>0,05-0,7</u> 0,38	<u>0,07-0,7</u> 0,27	<u>0,28-1,5</u> 0,68	<u>0,14-1,17</u> 0,61	<u>0,17-6,15</u> 1,0
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	71/42	82/100	11/50	100/95	100/84	11/0
СР (25)	Встречаемость, %	88	8	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,004-0,06</u> 0,03	<u>0,11-0,32</u> 0,22	<u>0,12-0,4</u> 0,22	<u>0,31-1,03</u> 0,68	<u>0,17-0,67</u> 0,33	<u>0,26-0,96</u> 0,52
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	82/78	0	0	100/88	96/25	0
ДР (23)	Встречаемость, %	67	83	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,005-0,05</u> 0,03	<u>0,05-0,6</u> 0,25	<u>0,08-0,25</u> 0,17	<u>0,12-0,75</u> 0,33	<u>0,07-0,3</u> 0,21	<u>0,19-1,03</u> 0,46
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	31/0	85/59	0	88/67	96/78	0
ИР(24)	Встречаемость, %	86	95	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,012-0,04</u> 0,03	<u>0,22-0,7</u> 0,42	<u>0,07-0,3</u> 0,17	<u>0,05-0,58</u> 0,24	<u>0,09-0,43</u> 0,32	<u>0,12-3,3</u> 0,45
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	47/100	76/69	0	64/29	95/52	0
КР (28)	Встречаемость, %	18	54	100	100	100	100
	<u>Минимум-максимум</u> среднее	<u>0,002-0,01</u> 0,01	<u>0,05-0,41</u> 0,29	<u>0,06-0,86</u> 0,19	<u>0,05-0,78</u> 0,3	<u>0,05-0,43</u> 0,18	<u>0,22-2,23</u> 0,7
	<i>Kc > 1,5 / Kc > 3%</i>	0	87/85	11/33	75/38	86/46	11/33
Контроль (с.Ласьва)		0,02	0,8	0,22	0,09	0,06	0,74
Контроль (с.Ольховка)		0,009	0,22	0,39	0,15	0,13	3,15

Таблица 4

Геохимические ассоциации водорастворимых
форм металлов в почвах по районам г. Перми

Районы (площадки)	Накапливающиеся	Близкие к контролю	Ниже контроля
ОР (56)	$Cu_{2,2} > Pb_{2,1} > Ni_{1,9}$	$Cd_{1,3}$	$Zn_{0,6} > Mn_{0,5}$
МР(38)	$Ni_{3,2} > Cu_{3,1} > Pb_{1,7} > Cd_{1,6}$	-	$Zn_{0,6} > Mn_{0,3}$
ЛР(19)	$Ni_{8,4} > Cu_{6,1} > Pb_{3,8} > Cd_{2,6}$	$Zn_{1,0}$	$Mn_{0,8}$
СР (25)	$Cu_{4,5} > Cd_{3,7} > Ni_{2,5}$	$Pb_{1,0}$	$Zn_{0,6} > Mn_{0,2}$
ДР (23)	$Cu_{3,6} > Ni_{3,5} > Pb_{3,2}$	$Cd_{1,0}$	$Zn_{0,7} > Mn_{0,6}$
ИР(24)	$Ni_{3,9} > Pb_{3,7} > Cd_{2,3} > Cu_{2,0} >$	-	$Zn_{0,6} > Mn_{0,7}$
КР (28)	$Pb_{3,4} > Cu_{3,3} > Ni_{3,1}$	-	$(Zn, Mn)_{0,9} > Cd_{0,2}$

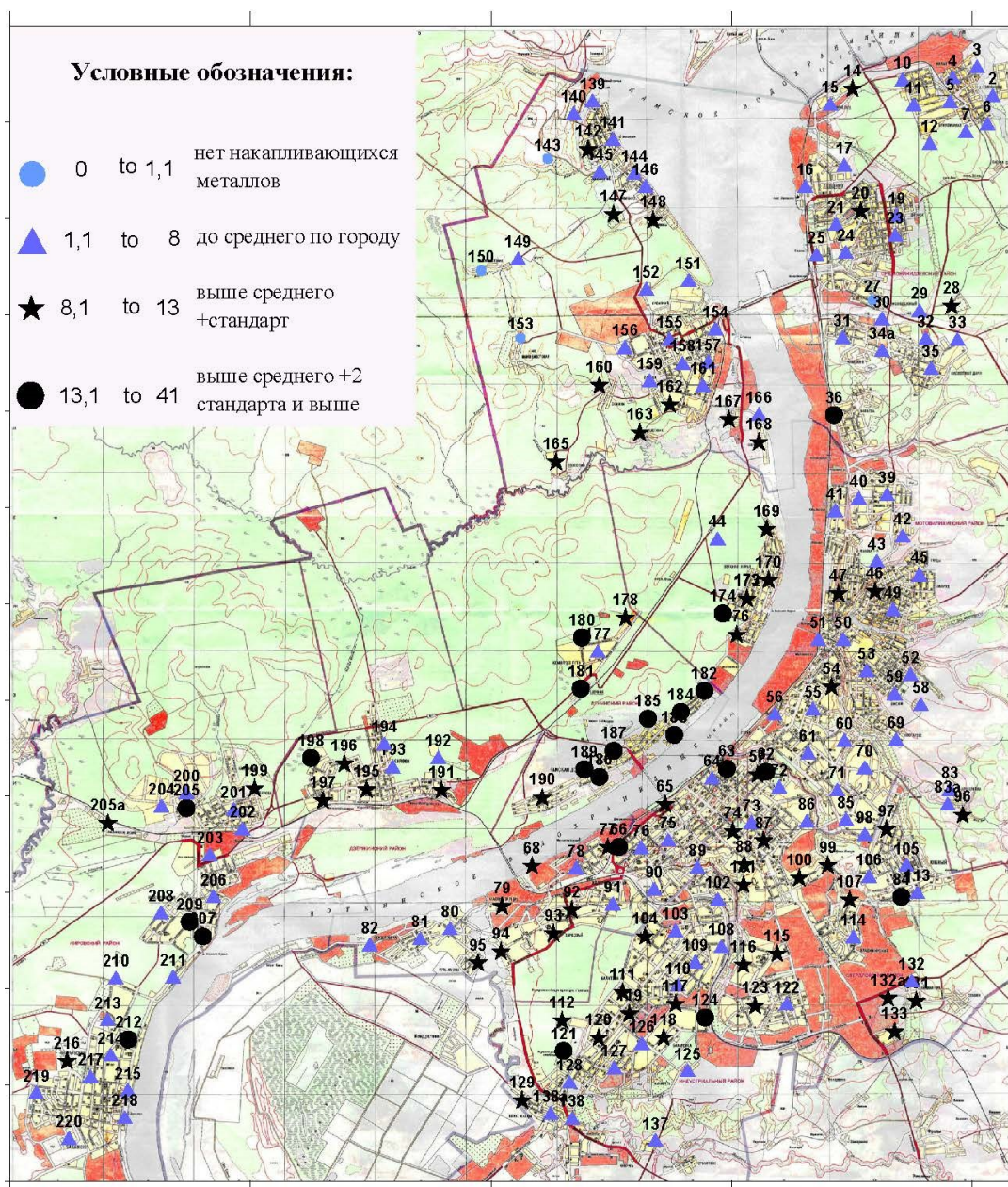


Рис. 2. Карта распределения значений СПЗ металлоплютантами водной вытяжки почв жилой зоны г. Перми

альный (3 площадки) и Дзержинский (1 площадка) районы. Максимальное значение СПЗ = 41 установлено на площадке 188 в Ленинском районе (см. рис. 2).

Количество обнаруженных и идентифицированных органических экотоксикантов показано в табл. 5. Больше всего органических соединений в городских почвах в среднем выявлено на территории Кировского, Индустриального, Свердловского и Ленинского районов при минимуме в Дзержинском районе. Сред-

нее количество идентифицированных органических экотоксикантов изменяется от 50 (Дзержинский район) до 60 (Индустриальный район). В контроле обнаружено 936 соединений, из которых идентифицировано 60 (см. табл. 5).

В спектре идентифицированных органических соединений в городских образцах преобладали углеводороды и кислородсодержащие соединения. Относительная доля алканов составляла от 17% (Индустриальный район) до 33% (Ленин-

Количество органических экотоксикантов в почвах жилой зоны г. Перми и в контроле

Районы (число площадок)	Органические соединения	Минимум	Максимум	Среднее
ОР(56)	Всего обнаружено	386	1042	672
	идентифицировано	43	88	56
МР (38)	Всего обнаружено	507	1033	688
	идентифицировано	48	91	59
ЛР (19)	Всего обнаружено	369	854	638
	идентифицировано	31	76	52
СР (25)	Всего обнаружено	343	959	715
	идентифицировано	37	73	51
ДР (24)	Всего обнаружено	196	749	599
	идентифицировано	27	64	50
ИР (24)	Всего обнаружено	583	1240	745
	идентифицировано	48	87	60
КР (28)	Всего обнаружено	550	1350	771
	идентифицировано	45	66	58
Контроль	Всего обнаружено	936		
	Идентифицировано	60		

ский район). Относительное содержание ароматических углеводородов колеблется в пределах от 17% (Орджоникидзевский район) до 27% (Свердловский район). На долю ПАУ пришлось 30–39% в образцах почв Кировского, Мотовилихинского, Орджоникидзевского и Индустриального районов. В пробах Свердловского и Дзержинского районов их доля составила – 19%, а на площадках Ленинского района – 5%. Относительная доля кислородсодержащих соединений в большинстве исследованных образцов не выше 21–32%, и только в Кировском районе – 15%.

Гораздо реже обнаружены производные алканов (до 4%), циклоалканы (до 2%), азотсодержащие, серосодержащие, фосфорсодержащие (до 1,5%) и хлорорганические соединения (1–8%). При этом следует отметить, что наибольшая доля хлорированной органики выявлена в пробах почвы Кировского района.

В контрольных образцах спектр идентифицированных экотоксикантов включал предельные углеводороды (относительная доля 32%), кислородсодержащие соединения (относительная доля 30%), ароматические углеводороды (относительная доля

22%). Однако в контроле значительно меньше выявлено полициклической ароматики (относительная доля 6%). При этом следует отметить, что на контрольных площадках идентифицированы природные углеводороды растительного происхождения – терпены, с относительной долей 6%. В контроле обнаружен и хлорсодержащий пестицид *p,p'*-DDE.

Из идентифицированных экотоксикантов наиболее экологически опасными являются ПАУ, ХОС, фталаты и ДДТ, входящие в список стойких органических загрязнителей (СОЗ). По классификации МАИР из группы 2В канцерогены, в исследованных образцах присутствуют *Bis(2-ethylhexyl) phthalate*, *Dibutyl phthalate*, *Diethyl Phthalate*, *Naphthalene*, *Benzo[k]fluoranthene*, *Carbazole*, *Ethane*, *hexachloro-*, *Ethylbenzene*; из вероятно канцерогенных для человека (группа 2А) – *o,p'*-DT, *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDE.

Заключение

По результатам проведенных химико-аналитических исследований дана характеристика состояния городских почв по

содержанию в них подвижных форм токсичных микроэлементов первого (Cd, Pb, Zn), второго (Cu, Ni) и третьего (Mn) классов опасности, а также проведена идентификация органических экотоксикантов.

Как и следовало ожидать, содержания большинства обнаруженных металлополлютантов в образцах городской почвы оказались выше контрольных значений. Ассоциации накапливающихся и близких к контролю подвижных форм микроэлементов в целом близки, однако значения *Kc* металлов в водных вытяжках характеризуются большей контрастностью. Выявленные в городских образцах содержания марганца в большинстве случаев являются дефицитными. Больше всего площадок, аномально загрязненных металлополлютантами, установлено в Ленинском Дзержинском районах. По большинству идентифицированных органических экотоксикантов существ-

венного отличия между городскими почвами и контролем не установлено. Однако в контрольных образцах присутствует значительно меньше полициклической ароматики, а также обнаружены природные углеводороды растительного происхождения (терпены) и пестициды.

Выполненное обследование позволило выявить реальное экологическое состояние почвенного покрова в пределах крупного промышленного центра. Полученные данные дополнили имеющиеся представления о влиянии процессов антропогенеза на экологическое состояние почвы на урбанизированных территориях и могут служить основой для усовершенствования системы контроля загрязнения окружающей среды и принятия архитектурно-планировочных решений в соответствии с выявленной пространственной структурой распределения поллютантов.

Библиографический список

1. Агаркова М.Г., Целищева Л.К., Строганова М.Н. Морфолого-генетические особенности городских почв и их систематика // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – № 2. – 1991. – С. 11–16.
2. Коротаев Н.Я. Почвы Пермской области. – Пермь: Кн. изд-во, 1962. – 278 с.
3. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.
4. РД 52.18. 286-91. Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом: метод. указания. – М., 1991. – 35 с.
5. РД 52.18. 191-891. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. / метод. Указания. – М.: Государственный комитет СССР по Гидрометеорологии, 1990. – 32 с.
6. Ревич Б.А., Саев Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорокина Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, – 1982. – 111 с.
7. Строганова М.Н., Агаркова А.Д. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв Юго-Западной части г. Москвы) // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 16–23.
8. Шишкин М.А., Лантева А.К. Эколого-геохимический анализ современных ландшафтов Прикамья. – Екатеринбург, 2009. – 286 с.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE SOIL IN PERM

M.A. Shishkin, V.A. Gusev, N.P. Sherstobitova

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS

Based on the results of environmental and analytical studies, the level of chemical pollution of urban soils with trace elements of 1, 2, and 3 hazard classes and organic toxicants was assessed. Spatial mapping of ecological condition of the residential zone soils in Perm was performed, the allocation of anomalous sites being indicated.

Keywords: soil, chemical pollution, metal pollutants, ecotoxicants, ecological state, mapping.

Сведения об авторах

Шишкин Михаил Андреевич, кандидат геолого-минералогических наук, руководитель группы физико-химических исследований, Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН (ИЭГМ УрО РАН), 614081, г. Пермь, ул. Голева, 13; e-mail: sma@iegm.ru

Гусев Владимир Анатольевич, ведущий инженер группы физико-химических исследований, ИЭГМ УрО РАН; e-mail: gv@iegm.ru

Шерстобитова Наталья Петровна, старший инженер группы физико-химических исследований, ИЭГМ УрО РАН; e-mail: shnp@iegm.ru

Материал поступил в редакцию 28.10.2019 г.