

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ ТЕРРИТОРИИ

И.И. Васенев, А.А. Авилова, Б.В. Багина, РГАУ-МСХА

Выявлены по результатам четырёхлетних мониторинговых наблюдений основные закономерности пространственно – временной динамики тяжелых металлов на различных элементах мезорельефа ключевых участков экологического мониторинга Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА и с различной удаленностью от дороги на трансектах, идущих от линейных источников загрязнения к центру лесного массива.

Ключевые слова: пространственно-временная динамика, экологический мониторинг, тяжелые металлы.

Техногенное загрязнение урбанизированных территорий тяжелыми металлами (ТМ) – одна из основных причин ухудшения экологической обстановки в городе [14]. Среди многочисленных загрязнителей наибольшую опасность представляют ТМ из-за токсичности их избыточных количеств, своей долговечности и практической невыводимости из системы почва – растения – животные – человек [10, 17]. ТМ, как особая группа элементов, в химии почв выделяются из-за токсического действия, оказываемого на растения при высокой их концентрации [2]. Основными загрязнителями биосферы считаются ртуть, свинец, кадмий, медь, ванадий, цинк, молибден, кобальт, никель, потому что их накопление идёт высокими темпами [16, 20, 21].

Исследования многих ученых направлены на изучение влияния ТМ на живые организмы [18], поскольку они обладают большим сродством к физиологически важным органическим соединениям. Среди них особую угрозу представляют кадмий, свинец, ртуть, цинк, медь [12, 15].

Экологический каркас Московского мегаполиса – крупнейшего в Европе сформирован массивами лесных экосистем. Особое положение среди них занимает Лесная опытная дача (ЛОД) РГАУ-МСХА, на которой около 150 лет проводят систематизированные экологические наблюдения [2, 11, 17]. Одна из основных экологических проблем московского мегаполиса – загрязнение городских экосистем тяжелыми металлами.

Полученные результаты в рамках единой программы экологического мониторинга Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА в 2009-2013 г. показали значительную пространственно-временную изменчивость валового содержания исследуемых тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn и Cd) в снежном покрове, верхних горизонтах почв и напочвенной растительности ООПТ.

Методика. Для исследования были выбраны две группы объектов в пределах ЛОД РГАУ-МСХА:

1) ключевые участки экологического мониторинга, характеризующие в катене фоновое разнообразие исследуемого ландшафта, с минимальным уровнем техногенной нагрузки на них (табл. 1);

2) техногенные трансекты А и Б от основного линейного источника техногенной нагрузки на ЛОД (Тимирязевская ул.) в центр лесного массива, расположенные на различном расстоянии от автодороги (от 0 до 100 м). Трансекта А характеризуется преобладанием аэрального пути поступления тяжелых металлов. Трансекта Б находится в северо-восточном углу территории ЛОД в пониженном элементе рельефа и отличается дополнительным поступлением загрязнителей с поверхностным и внутрипочвенным стоками.

1. Характеристика ключевых участков

Ключевой участок	Тип леса и состав древостоя	Почва	Профиль
1 – НСВ	Сосняк буро-щитовниковый 4СЗБ+Е+Д+Яс	Дерново-подзолисто-глеявая легкосуглинистая типичная ненасыщенная неглубокоосветленная на моренном суглинке	$O_{+2} - AY_6 - AEL_{20} - EL_{(g)25} - BEL_{(g)55} - Btg_{80} - BCg_{1201}$
2 – ССВ	Липняк сложный осоково-щитовниковый 3С2Д 5Лп+Б+К	Дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая ненасыщенная неглубокоосветленная на моренном суглинке	$O_{+1} - AY_{11} - AEL_{22} - EL_{30} - BEL_{(g)65} - Btg_{80} - BC_{1201}$
3 – ВМХ	Дубняк с липой сложный буро-копытенный 1С4Д2Лп+Вз+Кл+Б	Дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая ненасыщенная глубокоосветленная на покровном суглинке, подстилаемом мореной	$O_{+2} - AY_8 - AEL_{16} - EL_{1(1)42} - EL_{2(g)53} - BEL_{(g)64} - Btg_{80} - BC_{1201}$
4 – СЮЗ	Сосняк разнотравно-осоковый 6СЗКл+Е+Лп	Дерново-подзолисто-глеявая легкосуглинистая типичная ненасыщенная неглубокоосветленная на покровном суглинке, подстилаемом мореной	$O_{+4}^r - AY_{(h)12} - AEL_{19} - EL_{25} - BEL_{(g)55} - Btg_{82} - BCg_{1201}$
5 – НЮЗ	Сосняк щитовниково-осоковый 4С5Кл1Лп+Е+Б	То же	$O_{+4}^r - AY_{(h)10} - AEL_{19} - EL_{28} - BEL_{g52} - Btg_{83} - BCg_{1201}$

Обработку данных производили в пакете Excel-2010.

Все отмеченные различия полученных результатов имеют достоверные значения для 5%-ного уровня значимости НСР.

Результаты и их обсуждение. В ходе мониторинговых наблюдений за валовым содержанием тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах АУ-АЕЛ

(мощностью 0-20 см) на ключевых участках ЛОД в период с 2009 г. по 2013 г. выявлено варьирование содержания тяжелых металлов как по элементам мезорельефа: от минимумов на вершине моренного холма к максимумам его подножий, так и по годам: от минимумов в 2009 г. к максимумам в 2013 г. (рис.1).

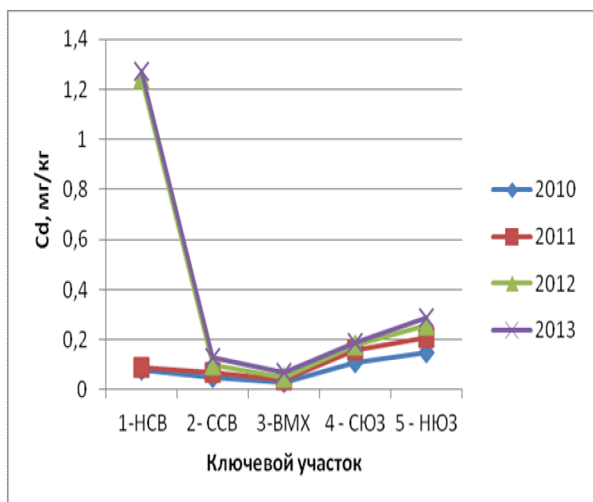
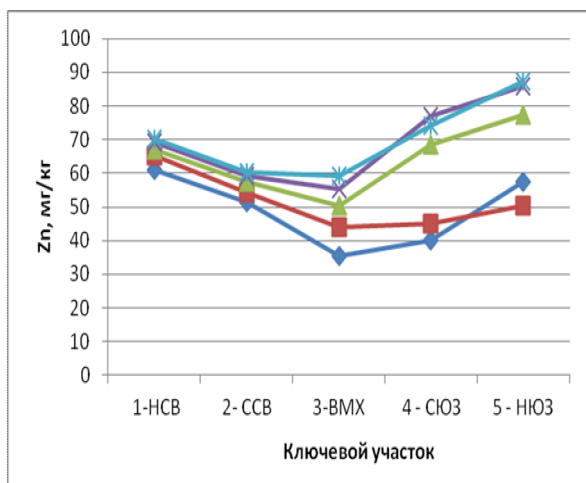
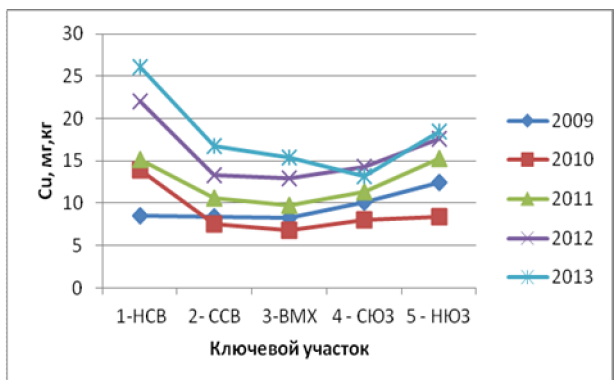
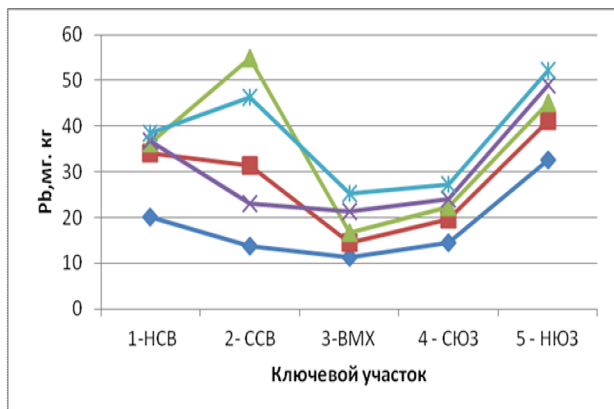


Рис. 1. Валовое содержание тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах АУ-АЕЛ (мощностью 0-20 см) на ключевых участках ЛОД в период с 2009 по 2013 гг.

В ходе мониторинговых наблюдений содержание свинца увеличилось в 1,6-3,4 раза; меди – в 1,3-3,1, цинка – в 1,2-1,8 и кадмия в 1,7-15,9 раз.

По полученным данным установлено, что в 2009-2010 гг. валовое содержание тяжелых металлов не превышало ПДК и ОДК. Однако, были зафиксированы превышения в нижней части юго-западного склона в 0,9-1,3 раза. В период с 2011 по 2013 г. валовое содержание свинца, меди, цинка и кадмия не превышает ОДК на всех исследованных ключевых участках мониторинга (рис. 1).

Сравнивая валовое содержание свинца с ПДК в период с 2011 по 2013 гг. видно, что на вершине моренного холма и средней части юго-западного склона превышений нет, но прослеживаются увеличения содержания свинца в нижней части юго-западного склона в 0,61 – 0,71 раза и при движении к подножью северо-восточного склона в 0,58-1,39 раз.

Содержание цинка и меди превышают установленные нормы ПДК на всех ключевых участках: Cu в 2,3-8,7 раза, Zn в 1,5-3,8 раза. Содержание кадмия увеличилось с 2009 по 2013 гг., причем превышения ОДК наблюдаются в почвах нижней части северо-восточного склона в два последних года в 0,24-0,27 раза.

В 2010 г. в московском регионе были зафиксированы anomalно высокие значения температуры воздуха. Это отразилось и на состоянии режима исследуемых почв. В августе температура верхних горизонтов почв составила 22,6-5,2 °С, влажность варьировали от 7,4 до 9,9 %, что является критическим для почвенной биоты и растительности. Были отмечены резкое уплотнение и повышение твердости почв, сокращение эмиссии CO₂ на 30-50%, по сравнению с 2009 г. Наиболее выровненный по количеству осадков 2011 г. характеризуется минимальной сезонной динамикой эмиссии диоксида углерода. Сходная картина характерна и для распределения запасов тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах. Выявлено варьирование запасов валовых форм тяжелых металлов в этих горизонтах по элементам рельефа от вершины мезохолма к подножьям склонов: запасы Pb увеличиваются в 1-3,6 раза, Cu в 0,8-7,1, Zn в 1,0-1,6, Cd в 1,7-24,1 раза. Различия по запасам тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах возрастают в ряду: Pb<Cu<Zn<Cd, что объясняется разницей в их мобильности.

Валовое содержание тяжелых металлов в верхних горизонтах почв трансект. С 2009 по 2014 г. превышения содержаний тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах у дороги по сравнению с фоновыми почвами ключевых участков составили: свинца в 0,5-16,4 раза на обоих трансектах, меди в 0,6-2,6 и 0,3-2,6, цинка в 0,75-2,87 на обоих трансектах, кадмия в 0,6-13,67 и 0,23-14,33 раза на трансекте А и трансекте Б соответственно (рис. 2 А).

Содержание свинца в верхних почвенных горизонтах обоих трансект превысили показатели ОДК на расстоянии 0; 5 и 15 м от дороги (во все годы исследований) и цинка – на расстоянии 0 и 5 м. В то время как на ключевых участках превышения значений ОДК не наблюдалось (рис. 2 Б).

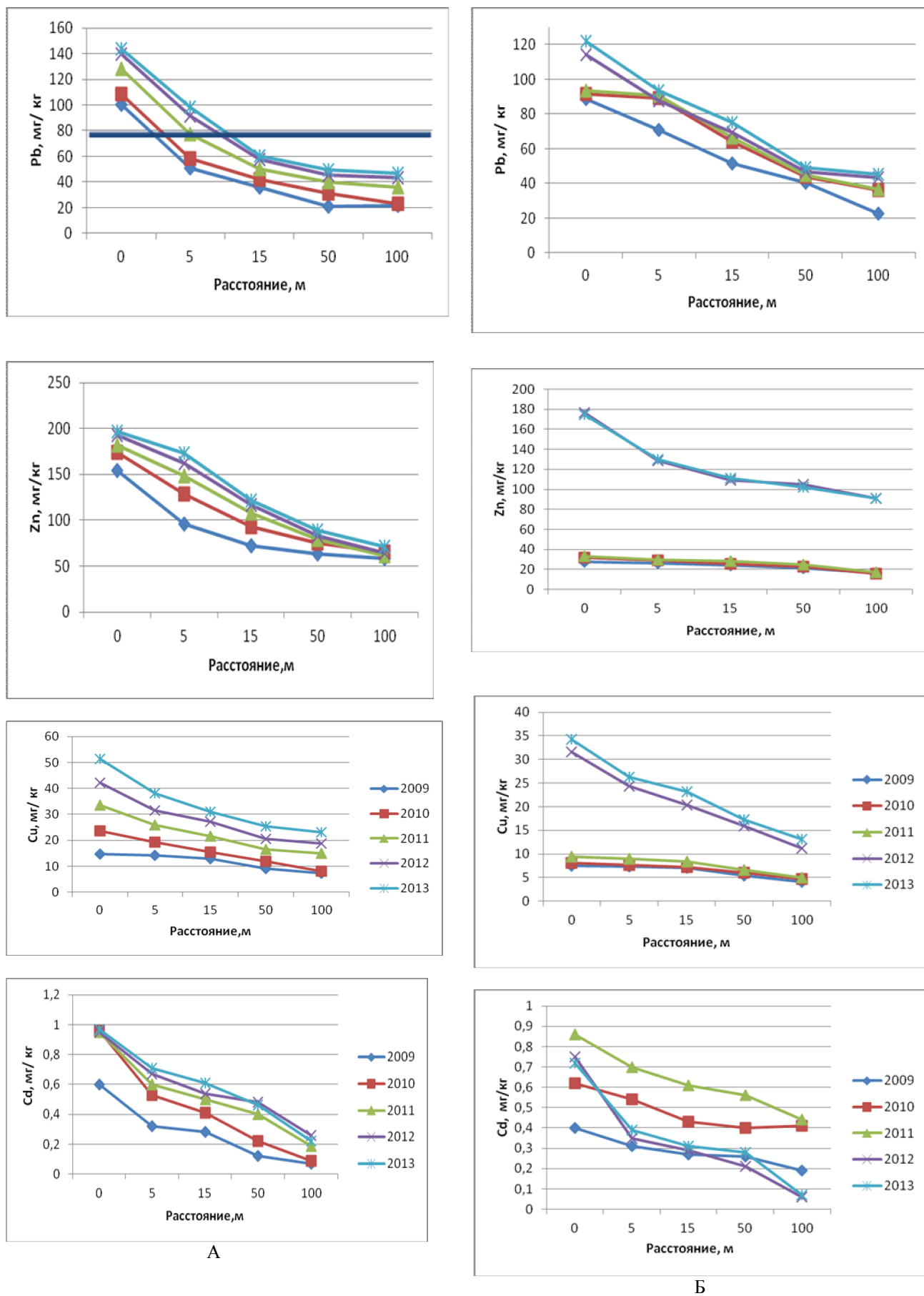


Рис. 2. Валовое содержание тяжелых металлов в верхних горизонтах почв трансект в период с 2009 по 2013 гг. :
А – трансекта А, Б – трансекта Б

Содержание ТМ на удалении 100 м уже близко к показателям, характерным для центральной части лесного массива, в 50 м от дороги содержание поллютантов значительно (на 20-30%) отличается от этих значений.

Распределение валового содержания и запасов ТМ в напочвенной биомассе и снежном покрове участков отражает ранее отмеченные закономерности их варьирования в верхних горизонтах почв с ясно выраженным влиянием мезорельефа и функциональных зон города. Отмечаются наименьшие содержание и запасы всех исследуемых элементов на вершине моренного холма и постепенное увеличение к нижним частям склонов.

Содержание и запасы тяжелых металлов в напочвенной биомассе травянистой растительной ключевых участков ЛОД. При анализе изменения содержания тяжелых металлов важную роль играют количественные показатели биомассы растительности, которые минимальны на вершине моренного холма и постепенно возрастают вниз по склонам: в 1,1-1,2 раза на склоне северо-восточной экспозиций и в 1,7-2,4 раза – юго-западной. Более высокие показатели биомассы связаны с тем, что юго-западный склон по сравнению с северо-восточным более теплый и больше увлажнен.

С северо-востока к ЛОД примыкают селитебная и рекреационная зоны РГАУ-МСХА, а в юго-западной части ЛОД граничит с железной дорогой и микрорайоном, насыщенным транспортными магистралями. Таким образом, распределение запасов ТМ в напочвенной растительности фоновых ключевых участков отражает ранее отмеченные закономерности их варьирования в верхних горизонтах почв, с ясно выраженным влиянием мезорельефа и функциональных зон города.

На трансектах А и Б в напочвенной растительности наблюдается сходный с почвами тренд распределения содержания тяжелых металлов. Происходит постепенное «разбавление» содержания исследуемых элементов с удалением от дороги (Pb – в 1,8-2,3 раза, Cu и Zn – в 2, Cd – 2,6 раза).

Содержание металлов в растительности больше в точках трансекты А (в 1,1-1,6 раза), которая характеризуется аэральным путем поступления загрязняющих веществ из зоны влияния светофора при движении автотранспорта.

По результатам исследований для характеристики биологической активности растительности был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП) по формуле:

$$\text{КБП} = 1_x / n_x,$$

где 1_x – содержание элемента в золе растений мг/кг; n_x – содержание элемента в корнеобитаемом слое почвы, мг/кг.

По интенсивности биологического поглощения все элементы делят на следующие группы: элементы энергичного поглощения (КБП= 10-100); элементы сильного поглощения (КБП= 1-10); элементы слабого поглощения и среднего захвата (КБП = 0,1-1); элементы слабого захвата (КБП = 0,01-0,1); элементы очень слабого захвата (КБП = 0,001-0,01). Если КБП>1, то происходит биологическое накопление, если КБП<1 – биологический захват [6, 8].

Ключевые участки экологического мониторинга и исследуемые трансекты характеризуются относительно высокими уровнями КБП свинца и цинка, так как они являются биогенными металлами. На изученных объектах наименьшие значения КБП у свинца и наибольшие

– у цинка для травянистой растительности (табл. 2). Это объясняется тем, что по ряду биологического накопления цинк является сильно накапливаемым элементом.

На основании полученных данных о КБП для количественного выражения общей способности растений к концентрации химических веществ рассчитан специальный показатель – биогеохимическая активность (БХА). Он показывает суммарную степень поглощения всех определяемых в растениях химических элементов, т. е. насколько активно растения поглощают элемент из почвы [1].

2. Коэффициент биологического поглощения (КБП) тяжелых металлов и биогеохимическая активность травянистой растительности (БХА) на ключевых участках ЛОД

Определяемый элемент	Ключевой участок					М (КБП)
	1-НСВ	2-ССВ	3-ВМХ	4-СЮЗ	5-НЮЗ	
	КБП					
Pb	0,11	0,14	0,04	0,16	0,08	0,11
Cu	0,18	0,11	0,12	0,22	0,17	0,16
Zn	0,78	1,15	1,00	0,69	0,82	0,89
Cd	0,02	1,70	0,30	0,11	0,38	0,50
БХА	1.1	3.1	1.5	1.2	1.5	

На техногенных трансектах коэффициенты биологического поглощения варьируют в диапазоне 0,02-1,33 (табл. 3). Более высокие значения КБП характерны для цинка – М (КПБ)=0,89 и кадмия – М (КПБ) = 0,50. По интенсивности поглощения все исследуемые элементы в пределах участков ключевого экологического мониторинга отнесены к третьей группе, т.е. к группе слабого поглощения и среднего захвата.

3. Коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов и биогеохимическая активность травянистой растительности трансект А и Б (на сырую массу)

Определяемый элемент	R, м					М (КБП)
	0	5	15	50	100	
	КБП					
	Трансекта А					
Pb	0,04	0,05	0,02	0,09	0,06	0,05
Cu	0,47	0,47	0,50	0,56	0,52	0,50
Zn	0,57	0,58	0,64	0,67	0,83	0,66
Cd	0,32	0,28	0,28	0,29	0,38	0,31
БХА	1,4	1,4	1,4	1,6	1,8	
Трансекта Б						
Pb	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Cu	0,55	0,54	0,54	0,65	0,73	0,60
Zn	0,51	0,57	0,61	0,54	0,55	0,56
Cd	0,28	0,51	0,55	0,52	1,33	0,64
БХА	1,4	1,7	1,7	1,7	2,7	

На трансекте А в зоне влияния светофора и движущегося автотранспорта, наименьшие значения КБП для травянистой растительности, как и на ключевых участках, у свинца (0,02-0,06), а наибольшие значения КБП – у цинка (0,57-0,83). На трансекте Б, расположенной в пониженном элементе рельефа, наименьшие значения КБП у свинца (0,03-0,05), но в отличие от ключевых участков и трансекты А, наибольшие КБП для травянистой растительности наблюдаются у кадмия (0,28-1,33).

По интенсивности поглощения все исследуемые элементы на трансектах А и Б отнесены к третьей группе – слабого поглощения и среднего захвата.

Биогеохимическая активность трансекты А увеличивается с 1,4 в зоне влияния светофора и в радиусе 15 м от него до 1,8 по мере удаления от источника загрязнения в центральный лесной массив.

БХА трансекты Б, располагающейся в северо-восточном углу территории ЛОД в пониженном элементе рельефа, также изменяется от минимума 1,4 в точке 0 м к максимуму 2,7 в точке 100 м. Причем БХА трансекты Б в 1,1-1,5 раз больше БХА трансекты А. Это объясняется тем, что трансекта Б отличается дополнительным поступлением загрязнителей с поверхностным и внутрипочвенным стоком.

Полученные данные демонстрируют обратную взаимосвязь между коэффициентом биологического поглощения и количеством тяжёлых металлов в верхних почвенных горизонтах: коэффициенты биологического поглощения значительно уменьшаются с увеличением содержания и запасов тяжёлых металлов в верхних почвенных горизонтах.

Обратная взаимосвязь характерна также для содержания тяжёлых металлов в верхних почвенных горизонтах и биогеохимической активности растений: БХА растений уменьшалась с увеличением содержания тяжёлых металлов в исследованных почвенных образцах.

Различия в поглощении элементов можно объяснить разной глубиной проникновения корневой системы. Обратная взаимосвязь говорит об избирательном поглощении элементов и защитной реакции растений на поступление загрязняющих веществ в почву.

При проведении исследования снежный покров рассматривался как накопитель аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха. Отбор проб проводили перед снеготаянием (21.03.2009; 14.03.2010; 21.03.2011; 25.03.2013; 17.02.2014) при дневной температуре в светлое время суток не выше 0°C. Учитывая даты установления постоянного снежного покрова, необходимо отметить, что длительность залегания снега на момент отбора образцов составила 88 дней в 2009 г., 97 – в 2010 г., 119 – в 2011 г., 142 – в 2012 г. и 44 дня в 2013 г.

Валовое содержание тяжёлых металлов в снегу на ключевых участках и исследуемых трансектах в период с 2009 по 2013 гг. (перед снеготаянием). Оценка загрязнения снежного покрова по химическому составу отражает загрязнение атмосферного воздуха и как следствие почвы. Поэтому она актуальна для территорий с устойчивым снежным покровом, особенно прилегающих к автострадам, где происходят интенсивное поглощение и накопление разнообразных ингредиентов загрязнений [9].

Распределение валового содержания и запасов ТМ в снежном покрове участков отражает ранее отмеченные закономерности их варьирования в верхних горизонтах почв с ясно выраженным влиянием мезорельефа и функциональных зон города. По содержанию элементов в центральной части лесного массива наблюдается общий тренд в распределении элементов от минимума на вершине моренного холма к максимуму в нижней части его склонов по всем годам исследования: Pb – в 1,4-2,1 раза, Cu – в 1,6-3,1, Zn – в 1,4 раза. Содержание кадмия однонаправленно увеличивается с северо-востока на юго-запад (в 2,5-2,8 и 2-5 раза). При оценке содержания тяжёлых металлов в снегу основных линейных источников загрязнения наблюдалось понижение концентраций поллютантов с удаленностью от дороги, на расстоянии 100 м превышения по исследуемым элементам не выявлены.

У светофора содержание свинца в снегу превышало фоновые значения в 1,1-5,8 раза, меди – в 3-5,9, цинка –

в 1,6-2,3 раза; на трансекте Б – Pb в 1,5-5 раз, Cu в 2,3-4,1, Zn в 1,3-1,9 раз. Количество кадмия в снегу на обеих трансектах оказалось на уровне фонового содержания ключевых участков.

Зависимость более четко выражена в случае абсолютного доминирования аэралью пути поступления тяжёлых металлов в почвы трансекты А.

Необходимо отметить, что мощность снежного покрова в середине марта составляла у дороги в среднем 25 см, на расстоянии 5 м от дороги – 42 см.

Максимальное усредненное значение мощности ранневесеннего снежного покрова наблюдалось в 2012-2013 гг. – 38,1 см, а в 2013-2014 г. – 26,3 см.

Выводы. 1. Проведенные исследования в условиях относительно выровненного мезорельефа южно-таёжного лесного массива Московского мегаполиса показали значительное варьирование содержания тяжёлых металлов. Основным фактором природной дифференциации является мезорельеф, о чём свидетельствует содержание в верхних почвенных горизонтах свинца, меди и цинка: минимальные концентрации отмечены на вершине моренного холма, а максимальные – характеризуют аккумулятивные позиции склонов. Содержание кадмия увеличивалось с 2009 по 2013 гг., причем превышения ОДК отмечены в почвах нижней части северо-восточного склона в два последних года – в 0,24-0,27 раза. 2. Ведущим антропогенным фактором загрязнения верхних почвенных горизонтов служит автомобильная дорога. Содержание тяжёлых металлов в верхних горизонтах почв обеих трансект наибольшее у дороги и постепенно уменьшается с удаленностью от нее: наиболее заметное снижение на расстоянии 15 м от дороги. Превышение ПДК отмечено для концентраций и запасов Pb на расстоянии 0-50 м от дороги и Zn – на расстоянии 0-15 м от дороги в почвах обеих трансект. 3. Количество ТМ в снежном покрове накапливалось с 2009 по 2013 гг. Однако в 2014 г. увеличения содержания поллютантов в снежном покрове исследуемых трансект не отмечено. Это связано с менее продолжительной зимой и, соответственно, с меньшим количеством дней с устойчивым снежным покровом. 4. Распределение запасов ТМ в травянистой растительности фоновых участков и трансект отражает ранее отмеченные закономерности их варьирования в верхних горизонтах почв в соответствии с влиянием мезорельефа и функциональных зон города. 5. Коэффициенты биологического поглощения существенно уменьшаются с увеличением содержания и запасов тяжёлых металлов в верхних почвенных горизонтах. Это можно рассматривать как адаптивную реакцию растительности в условиях техногенного загрязнения. 6. Обратная взаимосвязь характерна также для биогеохимической активности растений и содержания тяжёлых металлов в верхних почвенных горизонтах. С уменьшением концентрации загрязнителей наблюдалось увеличение БХА.

Литература

1. С.В. Будкина. Агроэкологическая оценка фракционного состава подвижных форм тяжёлых металлов дерново-подзолистой супесчаной почвы : автореф. дис. ... канд. биол. наук – М., 2011. – 27 с.
2. И.И. Васнев, В.Д. Наумов, Т.В. Раскатова Структурно-функциональная организация почвенно-экологического мониторинга Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА// Известия ТСХА. – 2007. – №4. – С. 29-44.

3. Ю.Н. Водяницкий, Д.В. Ладонин, А.Т. Савичев В 62. Загрязнение почв тяжелыми металлами. – М.: – Почвенный ин-ут, 2012. – 277 с.
4. ГН 2.1.7.2041-06 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве".
5. ГН 2.1.7.2511-09 "Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве".
6. В. В. Добровольский. Основы биогеохимии. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
7. В. Б.Ильин, А. И.Сысо. Микроэлементы и тяжёлые металлы в почвах и растениях. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
8. А. Л. Ковалевский. Биогеохимия растений. – Новосибирск: Наука. СО, 1991. – 294 с.
9. И. С. Коротченко. Тяжелые металлы в снежном покрове города Красноярска// Успехи современного естествознания. – 2014. – №5-2. – 188 с.
10. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве/ Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. (Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90). – М.: ИМГРЭ, 1990.
11. Л.В. Мосина. Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москва// Дисс. докт. биол. наук. – М., 2003. 465 с.
12. ПНД Ф 16.1:2.2.2:2.3.46-06 Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм тяжелых металлов и токсичных элементов (Cd, Pb, Cu, Zn, Bi, Tl, Ag, Fe, Se, Co, Ni, As, Sb, Hg, Mn) в почвах, грунтах, донных отложениях, осадках сточных вод методом инверсионной вольтамперометрии.
13. ПНД Ф 14.1:2.4.69-96 Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов кадмия, свинца, меди и цинка в питьевых, природных, морских и очищенных сточных водах методом инверсионной вольтамперометрии.
14. В.В. Трубников, Ю.М. Злобина, И. В. Федосова. Закономерность распределения микроэлементов-биофилов и тяжёлых металлов в системе почва – растение в урбанизированной среде // Известия Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 4 (42). – С. 211-213.
15. Э.В. Тишкина, Т.А. Парамонова, С.Ф. Краснов, Д.О. Толстихин. Оценка современного уровня загрязнения почв природного парка Воробьевы горы приоритетными экотоксикантами// Вестн.Моск. ун-та. Сер.17. Почвоведение. – 2010. – № 1. – С. 43-50.
16. В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др./ Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса). Агроэкология. – М: КолосС, 2000. – 536 с.
17. И.М. Яшин, П.В. Кузнецов, Б.В. Буринова. Исследование барьеров миграции в почвах лесной опытной дачи РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.// Известия ТСХА, – 2010. – Вып. №3. – С. 9-23.
18. Alloway B. J., Ayres D. C. Chemical principles of Environmental Pollution. Blackie, Oxford: Chapman and Hall, 1993. – 291 p.
19. S.E. Brown, C.W. Welton. Heavy Metal Pollution. Nova Science Publishers, 2008. – 381p.
20. Shalini Srivastava, Pritee Goyal. Environmental heavy metal pollution//, Environmental Science and Engineering, 2010.
21. Raymond A. Wuana, Felix E. Okieimen. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation// International Scholarly Research Notices. – 2011. – 2-21p.

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY IN THE CONTENT AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE SOILS AND PLANT COVER OF A RECREATION FOREST AREA

I.I. Vasenev, A.A. Avilova, B.V. Bagina

Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia, E-mail: ge.avilova@gmail.com

The main regularities in the spatial and temporal dynamics of heavy metals on different mesorelief elements in the key environmental monitoring plots of the Forest Experimental Station of the RSAU–MAA and at different distances from the road on the transects from the linear sources of pollution to the center of the forest area have been revealed in the four-year-long monitoring observations.

Keywords: spatial and temporal dynamic, environmental monitoring, heavy metals.