

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
УДМУРТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И МЕЗОСКОПИЯ



Том 11, № 4

Ижевск-2009

УДК 502.211:582:[504.5:669.018:674] (470.51–21)

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АССИМИЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ

ВЕДЕРНИКОВ К.Е., БУХАРИНА И.Л., *ШУМИЛОВА М.А.

ФГОУ ВПО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», 426069,
г.Ижевск, ул. Студенческая, 11

*Институт прикладной механики УрО РАН, 426067, г. Ижевск, ул. Т.Барамзиной, 34

АННОТАЦИЯ. Методами спектрального и вольтамперометрического анализов определено содержание тяжёлых металлов в растительных, почвенных и водных образцах в техногенных агломерациях. На основании полученных данных выявлены виды растений, способные к биоаккумуляции микроэлементов. В целом, поглощение и накопление тяжёлых металлов видами древесных растений видоспецифично, при этом высокие значения коэффициента биологического поглощения характерны для биогенных элементов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжёлые металлы, урбаносреда, древесные растения, коэффициент биологического поглощения.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдение за которыми обязательно во всех средах. Термин «тяжелые металлы», характеризующий широкую группу загрязняющих веществ, получил в последнее время значительное распространение. В научных и прикладных работах авторы неоднозначно трактуют значение этого понятия, в связи с чем количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов (ТМ), меняется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение ТМ попадают элементы, относящиеся к хрупким (висмут) или металлоидам (мышьяк). С другой стороны, согласно решению Целевой группы по выбросам ТМ, работающей под эгидой Европейской Экономической Комиссии ООН и занимающейся сбором и анализом информации о выбросах загрязняющих веществ в европейских странах, к ТМ были отнесены только Zn, As, Se и Sb.

В настоящее время в работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей среды и экологического мониторинга, к группе ТМ относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с массой более 50 атомных единиц. При этом немаловажную роль в их распределении по категориям играют также показатели, как высокая токсичность для живых объектов, способность к биоаккумуляции и биомagniфикации. По классификации Н. Реймерса [1], к тяжелым следует относить металлы с плотностью более 8 г/см³. В то же время автор отделяет от ТМ благородные и редкие металлы, соответственно, выделяя лишь Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg.

Формально определению «тяжелые металлы» соответствует большое количество элементов. Однако, по мнению исследователей, связанных с организацией наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды, соединения этих элементов далеко не равнозначны как загрязняющие вещества, поэтому во многих работах происходит сужение рамок группы ТМ, в соответствии с критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ [2].

Практически все металлы, попадающие под определение «тяжелые» (за исключением обнаруженных в биоте свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль, которых в настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах и входят в состав многих ферментов. Таким образом, понятие «тяжелые металлы» наиболее корректно применять, когда речь идет об опасных концентрациях химических элементов, являющихся токсичными для живых организмов [3-5].

Проблема миграции химических элементов в биосфере является одной из актуальных проблем человечества, особенно в условиях техногенных агломераций, где антропогенная деятельность нарушают нормальное протекание биотических потоков веществ.

Тяжелые металлы в большом количестве накапливаются в тканях беспозвоночных, пресмыкающихся, амфибий, птиц, млекопитающих. У позвоночных животных ТМ в больших концентрациях аккумулируются в костной ткани, печени и почках. Концентраторами выступают и растительные организмы. Растения являются промежуточным резервуаром, через который микроэлементы переходят из почв, а частично из воды и воздуха в организм человека и животных. Растения могут накапливать микроэлементы, особенно ТМ, в тканях или на поверхности органов вследствие больших возможностей адаптации к изменениям химических свойств окружающей среды. Они могут выступать в качестве рецептора микроэлементов (захватывая пыль листьями или поглощая корнями), но в то же время обладают способностью контролировать поступление или удаление некоторых элементов посредством соответствующих химических реакций [4].

Растения по отношению к ТМ могут быть чувствительными (их используют в качестве биоиндикаторов) и способными к аккумуляции (концентраторы). Надо отметить, что в растительных организмах ТМ могут накапливаться в концентрациях, которые являются опасными для человека и животных, при этом без каких либо внешних признаков угнетения. В этой связи химические элементы условно разделяют на фитотоксичные и токсичные для животных и человека [3].

Выделяют два типа концентраторов: растения, аккумулирующие элементы в массовом масштабе и растения с селективным (видовым) концентрированием. Растения первого типа обогащаются химическими элементами, если последние содержатся в почве в повышенном количестве, второго типа – имеют постоянно высокое содержание того или иного химического элемента независимо от его концентрации в среде [7, 8].

Значительное количество ТМ накапливается в растениях (особенно в древесных, отличающихся высокой специализацией органов) на территории городов и вблизи промышленных предприятий [9-12].

Проблема миграции тяжелых элементов актуальна и для г. Ижевска, являющегося одним из крупных, промышленно развитых городов Уральского региона. Тем не менее, ряд промышленных предприятий города и по настоящее время применяет в технологическом цикле устаревшее оборудование, имея значительный износ основного фонда [13, 14]. Целью представленной работы было определение особенностей поглощения и накопления ТМ древесными растениями в условиях урбаноcреды на примере г. Ижевска.

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ

Отбор почвенных и растительных проб проведены в соответствии с ГОСТ 17-4.4.02-84. В местах отбора растительных образцов провели отбор почвенных проб (смешанная проба) [15, 16, 17]. Определили следующие агрохимические и физические свойства почвы: pH_{KCl} [18]; pH_{H_2O} [19] (АНИОН 7000); содержание органического вещества (гумуса) (%) – по методу Тюрина И.В. в модификации Симакова; аммонийного азота – фотоколориметрически (КФК – 2), нитратов – ионометрическим методом (МИКОН), подвижных формы калия (ПФА – 354) и фосфора (КФК – 2) (мг/кг почвы) – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; плотность сложения и влажность почв – по общепринятым методикам [20, 21, 22]. Содержание химических элементов в образцах почв и ассимиляционном аппарате растений осуществлен методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре СЭ-1, укомплектованного на базе дифракционного спектрографа ДФС-458С и регистрирующего устройства ФП-4. Анализы проведены дважды – в начале (июнь) и в конце (сентябрь) активной вегетации растений. Определение тяжелых металлов в снеговых пробах выполнен электрохимическим методом с помощью вольтамперометрического анализатора «Ива-5», отбор проб снега проводился в марте. Определение содержания ТМ в снеговой пробе проводилось согласно свидетельству о метрологической аттестации методики выполнения

измерений, выданное Государственным Комитетом РФ по стандартизации и метрологии: свинец (свидетельство № 253.107/03), цинка (свидетельство № 5-95), молибдена (свидетельство № 227.01.09.131/2003), никеля (свидетельство № 6-95). Деаэрировать исследуемые растворы не требовалось. Все используемые реактивы имели квалификацию «хч».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание тяжелых металлов у древесных растений анализировали в ассимиляционном аппарате, отличающемся высокой физиологической активностью. В качестве объекта исследований были выбраны деревья и кустарники, доминирующие в озеленении города: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) и ель колючая (*Picea pungens* Engelm). Районы исследований и категории насаждений были отобраны согласно сложной экологически неблагоприятной обстановке: санитарно-защитная зона ОАО «Ижсталь» и магистральные посадки по ул. Удмуртская.

Анализ экологической обстановки исследуемых районов показал следующее: в санитарно-защитной зоне предприятия ОАО «Ижсталь», расположенной в центральной части города, отмечаются повышенные показатели индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) в годы проведения исследований 2003-2006 г.г. – 9,29-13,12, основной вклад в который вносят бенз(а)пирен, формальдегид и СО. Почвы данного района весной характеризуются высоким содержанием ТМ. В сентябре к концу вегетационного периода растений происходит увеличение содержания этих элементов практически в два раза, и их концентрации характеризуются как очень высокие.

В местах взятия растительных образцов почвы имели кислотность 6,95, содержание органического вещества – 2,17 %, NH_4^+ – 107,27 мг/кг; NO_3^- – 18,18 мг/кг; P_2O_5 – 270,56 мг/кг; K_2O – 170,27 мг/кг почвы. Для почв характерна слабая уплотненность и низкая влажность.

В снежном покрове санитарно-защитной зоны предприятия Ижсталь отмечается самое высокое в городе содержание пыли, ионов хлора и натрия, а также тяжелых металлов.

Улица Удмуртская – одна из самых оживленных магистралей города (интенсивность движения – 2800 шт. авт./час). Магистраль расположена в зоне повышенных значений ИЗА = 11,91-9,35. Существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха внесли бенз(а)пирен, формальдегид и NO_2 , по которым отмечено неоднократное превышение ПДК, а также высокие концентрации в атмосферном воздухе СО (> 0,5 ПДК) и взвешенных веществ (> 0,3-0,4 ПДК). Уровень шума составляет 81 дБ [23].

Уровень загрязнения почв характеризуется как умеренно опасный, а в отдельных точках – опасный ($Z_c = 16-128$) [24]. Нами установлено что, содержание тяжелых металлов в почве – среднее, за исключением Cd (повышенное в июне и высокое в сентябре) и Cr (повышенное в сентябре). Кислотность почвы составляет 7,11 единиц рН, содержание органического вещества в почве составляет 2,29 %. Основные элементы минерального питания характеризуются высоким содержанием, за исключением нитратного азота – 5,37 мг/кг почвы. Почвы имеют нормальную плотность сложения, но низкую влажность.

Снежный покров в районе характеризуется щелочной реакцией (рН = 7,6), содержанием пыли – 1,28 мг/дм³, ионов хлора и натрия 0,35 ммоль/дм³ и 0,53 ммоль/дм³, соответственно. Выявлены значительные концентрации тяжелых металлов, минимально в 2 раза и максимально – в 45 раз, превышающие фоновые показатели (образцы снега, отобранные на расстоянии 60 км от городской черты, в отсутствии нефтяных месторождений).

Анализ экологической обстановки районов наблюдения позволил установить приоритетность в изучении динамики девяти элементов (Zn, Cd, Cu, Ni, Cr, Mn, Mo, Co, Pb), которые являются наиболее токсичными и преобладают в выбросах стационарных и передвижных источниках загрязнения [25-28].

Для интерпретации полученных результатов нами использовалась шкала, приводимая А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас [4], т.к. в ней указана градация содержания в листьях достаточно широкого спектра химических элементов (табл. 1).

Таблица 1

Примерная концентрация микроэлементов в зрелых тканях листьев по обобщенным данным для видов растений, мг/кг сухой массы (по [3])

Элемент	Достаточная или нормальная концентрация, мг/кг	Избыточная или токсичная концентрация, мг/кг
Zn	27-150	100-400
Cd	0,05-0,20	5-30
Cu	5-30	20-100
Ni	0,1-5,0	10-100
Cr	0,1-0,5	5-30
Mn	20-300	300-500
Mo	0,2-1,0	10-50
Co	0,02-1,00	15-50
Pb	5-10	30-300

Нами выявлено, что в начале вегетации древесных растений избыточные концентрации тяжелых металлов характерны для листьев липы мелколистной (Zn, Cd, Pb – в промзоне и Zn, Ni, Co – в магистральных посадках), караганы древовидной (Zn, Mo, Pb – в промзоне и Ni в магистральных посадках) и ели колючей (Cd и Mo – в промзоне).

В лиственном опаде избыточные концентрации химических элементов отмечены у липы мелколистной (Cd, Ni, Pb в промзоне), клена ясенелистного (Cu, Ni в магистральных посадках и Mo во всех зонах) и яблони ягодной (Mo, Pb – в промзоне и Ni в магистральных посадках). Во всех изучаемых функциональных зонах города в листьях древесных растений отмечены концентрации Cr превышающую норму в 3-15 раз. У таких видов, как клен ясенелистный и яблоня ягодная, отмечена тенденция накопления тяжелых металлов в ассимиляционном аппарате к концу вегетационного периода. У данных видов, происходит удаление избыточного количества загрязняющих веществ, ТМ вместе с листовым опадом, что является одним из механизмов адаптации растений к техногенным условиям произрастания, но в то же время негативно сказывается на состоянии окружающей среды, вызывая «вторичное» загрязнение ее микроэлементами. Таким образом, рекомендуется использование этих видов в зеленом строительстве в качестве концентрационных дендрообъектов ТМ, особенно в тех районах города, где отмечается их высокое содержание, но с обязательной утилизацией листового опада (табл. 2-3).

Для оценки интенсивности поглощения микроэлементов растениями нами использован коэффициент биологического поглощения (КБП), который определяется как частное от содержания микроэлемента в золе растений и его содержания в корнеобитаемом слое почвы. По интенсивности биологического поглощения все элементы можно разделить на следующие категории: элементы энергичного поглощения (КБП = 10-100); элементы сильного поглощения (КБП = 1-10); элементы слабого поглощения и среднего захвата (КБП = 0,1-1,0); элементы слабого захвата (КБП = 0,01-0,10) [21, 8].

Для березы повислой, клена ясенелистного, яблони ягодной, липы мелколистной и караганы древовидной Mn в начале ассимиляционного периода является элементом сильного накопления. Элементом сильного поглощения в магистральных посадках для клена ясенелистного, яблони ягодной и липы мелколистной является Zn. Элементом сильного накопления в промзоне у таких видов как клен ясенелистный, яблоня ягодная, ель колючая и карагана древовидная является Co. Остальные изучаемые элементы для всех видов растений являются элементами слабого накопления и захвата. В сентябре в листьях клена ясенелистного, произрастающие в магистральных посадках элементами сильного поглощения являются Zn, Cu и Mo.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АССИМИЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ

Таблица 2

Содержание химических элементов в листьях изучаемых видов древесных растений в начале активной вегетации (июнь, г. Ижевск)

Вид растения	Место произрастания	Содержание химических элементов, мг/кг абсолютно сухой массы								
		Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Mo	Co	Pb
Береза повислая	2*	92,26± <i>13,80***</i>	0,025± 0,01	3,08± 0,30	4,10± 0,40	5,13± 1,00	154,78± 23,20	0,31± 0,10	0,21± 0,04	6,15± 1,50
	3	263,80± 39,60**	1,01± <i>0,30</i>	12,13± 1,20	21,23± 2,10	5,05± 1,00	1585,85± 237,90	0,30± 0,10	0,61± 0,10	3,03± 0,80
Клен ясенелистный	1	110,09± 16,50	0,036± 0,01	11,22± 1,10	5,12± <i>0,50</i>	3,51± 0,70	72,22± 10,80	0,42± 0,10	0,49± 0,10	7,01± 1,80
	2	130,41± 19,60	<0,025	11,24± 1,10	12,37± 1,20	15,74± 3,10	46,09± 6,90	1,12± 0,20	0,79± 0,20	3,37± 0,80
	3	61,23± <i>9,20</i>	0,035± 0,01	12,25± 1,20	4,71± 0,50	4,71± 0,90	104,56± 15,70	0,75± 0,20	0,28± 0,10	2,83± 0,70
Яблоня ягодная	1	107,49± 16,10	0,014± 0,004	13,22± 1,30	2,64± 0,30	4,41± 0,90	27,31± 4,10	0,88± 0,20	0,26± 0,10	1,76± 0,40
	2	29,50± 4,40	<0,025	4,07± 0,40	11,19± 1,10	9,16± 1,80	39,67± 6,00	2,03± 0,40	0,31± 0,10	3,05± 0,80
	3	33,82± <i>5,10</i>	<0,025	13,01± 1,30	11,28± 1,10	6,94± 1,40	40,76± 6,10	0,43± 0,10	0,26± 0,10	5,20± 1,30
Липа мелколистная	1	190,13± 28,50	0,057± 0,02	12,03± 1,20	13,64± 1,30	10,43± 2,10	56,16± 8,40	1,20± 0,20	1,28± 0,30	8,02± 2,00
	2	127,73± 19,20	0,174± 0,05	22,59± 2,30	4,35± 0,40	5,21± 1,00	48,66± 7,30	0,087± ±0,02	0,44± 0,10	10,43± 2,60
	3	93,92± <i>14,10</i>	0,179± 0,05	8,95± 0,90	8,95± 0,90	4,47± 0,90	910,59± 136,60	<0,02	0,36± 0,10	3,58± 0,90
Ель колючая	1	56,07± 8,40	0,154± 0,05	5,38± 0,50	3,07± 0,30	3,84± 0,80	13,06± 2,00	0,77± 0,20	0,15± 0,03	1,54± 0,40
	2	94,51± 14,20	0,54± 0,20	4,35± 0,40	1,09± 0,10	3,26± 0,70	19,55± 2,90	2,17± 0,40	0,22± 0,04	7,60± 1,90
	3	5,43± 0,80	0,105± 0,03	0,54± 0,10	0,33± 0,03	4,35± 0,90	3,26± 0,50	0,54± 0,10	0,33± 0,10	0,43± 0,10
Карагана древо-видная	1	39,82± 6,00	<0,025	5,31± 0,50	10,62± 1,10	6,64± 1,30	17,25± 2,60	0,10± 0,02	0,10± 0,02	1,73± 0,40
	2	140,25± 21,00	0,226± <i>0,07</i>	27,14± 2,70	4,52± 0,50	11,31± 2,30	54,29± 8,10	1,13± 0,20	0,45± 0,10	18,10± 4,50
	3	29,95± 4,50	<0,025	11,23± 1,1	2,99± 0,30	1,50± 0,30	97,32± 14,60	<0,02	0,30± 0,10	2,25± 0,60

Примечание: * 1 – Магистрала, 2 – ОАО «Ижсталь», 3 – фон;

** - жирным шрифтом отмечены избыточные концентрации элементов;

*** - жирный курсив – концентрации элементов, превышающие нормальные, но не избыточные.

Таблица 3

Содержание химических элементов в листьях изучаемых видов древесных растений в период листопада (сентябрь, г. Ижевск)

Вид растения	Место произрастания	Содержание химических элементов, мг/кг абсолютно сухой массы								
		Zn	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Mo	Co	Pb
Береза повислая	1*	104,13± 15,60	<0,025	6,94± 0,70	2,31± 0,20	3,09± 0,60	114,93± 17,20	<0,25	0,39± 0,10	2,31± 0,60
	2	64,38± <i>9,70</i>	<0,025	8,73± 0,90	4,37± 0,40	2,18± 0,40	91,66± 13,80	<0,25	4,37± 0,90	2,18± 0,60
	3	148,44± 22,30	0,41± <i>0,12</i>	8,20± 0,80	8,20± 0,80	4,10± 0,80	3077,11± 461,60	0,33± 0,10	0,82± 0,20	3,28± 0,80
Клен ясенелистный	1	85,98± 12,90	<0,025	21,69± 2,20	9,30± 0,90	10,07± 2,00	96,05± 14,40	2,32± 0,50	0,78± 0,20	6,20± 1,60
	2	13,87± 2,10	<0,025	18,70± 1,90	16,54± 1,70	20,07± 4,00	72,29± 10,80	1,64± 0,30	0,86± 0,20	0,78± 0,20
	3	29,98± 4,50	<0,025	110,75± ±11,10	8,33± 0,80	11,66± 2,30	117,42± 17,60	1,67± 0,30	0,33± 0,10	3,33± 0,80

Яблоня ягодная	1	12,82± 1,90	0,085±0 ,03	15,78±1 ,60	6,90± 0,70	11,83±2 ,40	54,89± 8,20	0,39± 0,10	0,89± 0,20	3,95± 1,00
	2	71,80± 10,80	0,025± 0,01	13,30± 1,30	7,09± 0,70	10,64± 2,10	65,60± 9,80	3,55± 0,70	0,62± 0,10	10,64± 2,70
	3	7,64± 1,20	0,086± 0,03	8,59± 0,90	4,77± 0,50	4,77± 1,00	61,08± 9,20	0,29± 0,10	0,48± 0,10	4,77± 1,20
Липа мелко- лиственная	1	<1,25	<0,025	6,64± 0,70	1,90± 0,20	1,90± 0,40	73,98± 11,10	<0,025	0,095± 0,02	1,90± 0,50
	2	137,03± 20,60	0,34± 0,10	16,85± 1,70	7,86± 0,80	12,36± 2,50	130,29± 19,50	0,79± 0,20	1,01± 0,20	11,23± 2,80
	3	14,94± 2,20	<0,025	9,61± 1,00	7,47± 0,80	4,27± 0,90	735,31± 110,30	<0,025	0,43± 0,10	5,34± 1,30
Ель колючая	1	18,47± 2,80	<0,025	7,18± 0,70	7,18± 0,70	9,24± 1,90	125,18± 18,80	1,03± 0,20	0,41± 0,10	2,05± 0,50
	2	65,69± 9,90	0,106± 0,03	7,42± 0,70	4,24± 0,40	13,77± 2,80	37,08± 5,60	2,11± 0,40	0,32± 0,10	6,35± 1,60
	3	35,04± 5,30	<0,025	13,74± 1,40	6,87± 0,70	8,25± 1,70	99,62± 14,90	0,69± 0,10	0,28± 0,10	4,81± 1,20
Карагана древовидная	3	23,94± 3,60	<0,025	9,58± 1,00	4,18± 0,40	13,41± 2,70	115,08± 17,30	<0,025	0,35± 0,10	2,70± 0,70

Примечание: * 1 – Магистрала, 2 – ОАО «Ижсталь», 3 – фон;

** - жирным шрифтом отмечены избыточные концентрации элементов;

*** - жирный курсив – концентрации элементов, превышающие нормальные, но не избыточные.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований можно заключить следующее. Поглощение и накопление «тяжелых» элементов растениями видоспецифично. Зафиксировано избыточное накопление хрома в листьях изучаемых древесных растений. Избыточные концентрации микроэлементов выявлены у ели колючей (Cd и Mo – в промзоне), караганы древовидной (в июне Zn, Mo, Pb – в промзоне и Ni в магистральных посадках), клена ясенелистного (в сентябре Cu, Ni в магистральных посадках и Mo во всех зонах) и яблони ягодной (в сентябре Mo, Pb – в промзоне и Ni в магистральных посадках), а также у липы мелколистной (в оба срока наблюдений Zn, Cd, Pb – в промзоне, Zn, Ni, Co – в магистральных посадках и Mo – во всех зонах). У клена ясенелистного и яблони ягодной весьма устойчивых к городским условиям, накопление тяжелых металлов к концу вегетационного периода и их удаление с листовым опадом, является адаптивной реакцией. В реконструкции и создании новых насаждений рекомендовано применение этих видов растений в качестве концентрационных дендробъектов, особенно в районах города с высоким содержанием тяжелых металлов в почве и атмосферном воздухе, при этом необходимо проведение утилизации листового опада.

Установлено, что высокие значения коэффициента биологического поглощения характерны для биогенных элементов (Zn, Cu, Mn, и Mo).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. М.: Знание, 1980. 208 с.
2. Справочник по гидрохимии [Электронный ресурс]. URL: <http://biology.krc.karelia.ru> (дата обращения: 4.05.2009).
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. С. 24-373.
5. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие: Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Книга 1. Пушкино.: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. 164 с.
6. Бухарина И.Л. *Videns tripartite* L. в Удмуртии в эколого-популяционном отношении: дис. ... канд. биол. наук / УдГУ. Ижевск, 1998. С. 113-126.
7. Винокурова Р.И. Закономерности накопления и распределения химических элементов в фитомассе елово-пихтовых насаждений зоны смешанных лесов Среднего Поволжья: дис. ... докт. биол. наук / МарГТУ. Йошкар-Ола, 2003. 273 с.
8. Алексеева-Попова Н.В. Клеточно-молекулярные механизмы металлоустойчивости растений // Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов. Л.: ЛГУ, 1990. С. 5-15.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АССИМИЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ

9. Шихова Н.С. Биогеохимическая оценка состояния городской среды // Экология. 1997. №2. С. 146-149.
10. Бессонова В.П. Накопление и распределение микроэлементов в культурфитоценозах промышленных предприятий // Проблемы современной экологии: тези допов. міжнар. конф. Запоріжжя. 2000. С. 58-59.
11. Братчук Н.И. Изменения некоторых биологических параметров лекарственных растений Удмуртии в условиях загрязнения среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук / УдГУ. Ижевск, 2001. 18 с.
12. Кулагин А.А., Шагиева Ю.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.
13. Петров В.Г., Трубачев А.В. Бытовые и промышленные отходы / Препринт. Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2004. С. 11-16.
14. Петров В.Г., Семакин В.П., Трубачев А.В. Использование кислотных реагентов при утилизации осадков сточных вод / Препринт. Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2005. С. 21-23.
15. ГОСТ 17.4.3.01.-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. 1983.
16. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации / Сост. А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, А.Д. Мягковая и др. М.: Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт экологии города, 1996. 36 с.
17. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / Сост. В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина и др. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 31 с.
18. ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. М.: Изд-во стандартов, 1985.
19. ГОСТ 17.5.4.01-84. Охрана природы. Рекультивация земель. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород. М.: Изд-во стандартов, 1985.
20. Ариуншкіна Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1961. 491 с.
21. Практикум по агрохимии / Сост. Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др. / Под ред. Б.Я. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
22. Кузнецов М.Ф. Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях / Уч. пособие. Ижевск: Изд-во УдГУ, 1997. 102 с.
23. Вахитов Н.М., Гагарин С.А. Транспорт и экологическая обстановка в городе Ижевске // Матер. межрегион. НПК «Реализация стратегии устойчивого развития города Ижевска: опыт и проблемы». Ижевск: ОАО «Иж. респ. типогр.», 2005. С. 157-158.
24. Рылова Н.Г. Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска): автореф. дис. ... канд. биол. наук. / УдГУ. Ижевск, 2003. 22 с.
25. Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2004 г. Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации города Ижевска. Ижевск: Изд-во УдГУ, 2005. 71 с.
26. Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2005 г. Ижевск: Изд-во УдГУ, 2006. 48 с.
27. Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2006 г. Ижевск: ОАО «Иж. респ. типогр.», 2007. 64 с.
28. Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2007 г. Ижевск: ООО РПК «Бизнес Сервис», 2008. 63 с.

DYNAMICS OF CONTENT OF HEAVY METALS IN LEAVES OF ARBOREAL PLANTS IN THE
CONDITIONS OF TECHNOGENIC ENVIRONMENT

Vedernikov K.E., Buharina I.L., *Shumilova M.A.

The Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

*Institute of Applied Mechanics Ural Branch of the RAS, Izhevsk, Russia

SUMMARY. Methods spectral and voltammetric the analysis define the maintenance of heavy metals in vegetative, soil and water samples in the conditions of technogenic agglomerations on an example of Izhevsk. On the basis of the received data vyjav-lyeny the kinds capable to bioaccumulation of microcells in leaves of plants. As a whole, absorption and accumulation of heavy metals by kinds of wood plants is specific, thus high values of factor of biological absorption are characteristic for biogene elements.

KEYWORDS: heavy metals, the city environment, wood kinds, assimilja-tcionnyj the device, factor of biological absorption.

*Ведерников Константин Евгеньевич, кандидат биологических наук, и.о. доцента ИжГСХА,
тел. (3412) 59-88-16; e-mail: wke-les@rambler.ru*

*Бухарина Ирина Леонидовна, доктор биологических наук, профессор ИжГСХА,
тел. (3412) 59-88-16; e-mail: buharin@udmlink.ru*

*Шумилова Марина Анатольевна, кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник ИПМ УрО
РАН, тел. (3412) 21-89-55, e-mail: mashumilova@mail.ru*