

ОЦЕНКА АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРИМАГИСТРАЛЬНЫХ ЗОНАХ Г. ХУДЖАНДА

Зокиров Р. С.¹, Неверова О. А.²

¹Таджикский государственный университет права, бизнеса и политики, республика Таджикистан (735700, Худжанд, 17, микрорайон, 1)

²ФГБУ науки Институт экологии человека СО РАН, Россия (650065, Кемерово, Ленинградский проспект, 10), e-mail: nev11@yandex.ru

Выявлена видовая специфика в способности накопления тяжелых металлов (ТМ) листьями (хвоей) древесных растений в примагистральных посадках города Худжанда. Максимальный спектр ТМ (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cr) в сравнении с контролем аккумулирует тополь пирамидальный, минимальный – можжевельник виргинский. По показателю суммарного накопления ТМ (СПК) исследуемые древесные породы можно расположить в следующий убывающий ряд: *Populus pyramidalis* Rozier > *Pinus eldarica* > *Morus allba* L.> *Fraxinus syriaca* Boiss.> *Ulmus laevis* Pallas. > *Biota orientalis* Engelm.> *Platan orientalis* L.> *Juniperus virginiana* L.. Для всех древесных пород характерны более высокие показатели СПК на правобережной части города, которая характеризуется интенсивным движением грузового транспорта и располагается в непосредственной близости к горам Мегавул, где ведется разработка рудных месторождений.

Ключевые слова: тяжелые металлы, примагистральные зоны города, аккумулирующая способность листьев и хвои древесных растений.

ESTIMATION OF CAPACITY OF WOODY PLANTS IN RESPECT OF HEAVY METALS IN AREAS LOCATED ALONG THE ROADS KHUJAND CITY

Zokirov R. S.¹, Neverova O. A.²

¹Tajik State University of Law, Business and Politics, the Republic of Tajikistan (735700, Khujand, 17, micro district, 1)

²Institute of Human Ecology of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (650065, Kemerovo, Leningradskiy avenue, 10), e-mail: nev11@yandex.ru

Identified the species specificity in the ability of the accumulation of heavy metals (HM) leaves (needles) of the wood plants growing along the roads of the city of Khujand. The maximum range of HM (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cr) in comparison with the control accumulates pyramidal poplar, minimum - juniper Virginia. In terms of the total accumulation of TM (TCI) of the studied species can be placed in the following descending range: *Populus pyramidalis* Rozier > *Pinus eldarica* > *Morus allba* L.> *Fraxinus syriaca* Boiss.> *Ulmus laevis* Pallas. > *Biota orientalis* Engelm.> *Platan orientalis* L. > *Juniperus virginiana* L.. For all tree species have higher rates of SPK on the right-Bank part of the city, which is characterized by intensive movement of freight transport and is situated in close proximity to the mountains Megavul, where there is development of ore deposits.

Key words: heavy metals, zone of the city, along roads, accumulating ability of leaves and needles of woody plants.

Введение

Химический состав городской растительности формируется под влиянием почвы и воздуха, испытывающих большие техногенные нагрузки.

Среди веществ и соединений, поступающих в атмосферу города из различных источников в виде газопылевых выбросов, основную долю составляют диоксид серы, оксид и диоксид углерода, оксиды азота и пыли различного химического состава. Основная часть загрязнителей концентрируется в приземном слое атмосферы. Большую опасность для растений представляют тяжелые металлы (ТМ), которые попадают в атмосферу в результате добычи руд, работы металлургических предприятий, металлообрабатывающей промышлен-

ности, автотранспорта и др.

Реакция растений на загрязнение питающих их сред проявляется, прежде всего, в различии элементного состава городских растений и растений природных местообитаний. Различными авторами установлена видоспецифичность в поглощении растениями ТМ [1, 3]. Биогеохимическими исследованиями установлена связь степени поражения растений и накоплением в них относительно фона ряда химических элементов (Pb, St, V a, Sr, Ag, Co, Cu, Zn) вблизи производств черной и цветной металлургии, машиностроения, автомобильных дорог. Отмечены признаки усыхания у 87 % деревьев, произрастающих вдоль крупных магистралей [2, 8]. К особо опасным для деревьев в случае их накопления относят кобальт, хром, медь, свинец, цинк, кадмий, ртуть [4, 6, 7].

Цель исследования. Оценка аккумулирующей способности древесными растениями тяжелых металлов в примагистральных зонах г. Худжанда.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в 2009–2010 гг. Объекты исследований – древесные растения, наиболее широко представленные в зеленых насаждениях придорожных зон г. Худжанда: сосна эльдарская (*Pinus eldarica*), биота восточная (*Biota orientalis* Engelm.), можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana* L.), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* Rozier), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pallas.), шелковица белая (*Morus alba* L.), платан восточный (*Platan orientalis* L.), ясень сирийский (*Fraxinus syriaca* Boiss.).

Обследованы 4 улицы города, характеризующиеся наиболее интенсивным движением автотранспорта: ул. Ленина, ул. К. Худжанди (левобережная часть города), ул. 34 микрорайон и ул. 50 лет СССР (правобережная часть города). В качестве контрольных использовались зоны города, удаленные от автомагистралей, это территории ботанического сада и зеленостроя.

Сбор растительного материала проведен в конце июля – в период максимального развития и физиологической активности фотосинтетического аппарата древесных растений. Листья и хвою собирали с нижней трети крон по периметру с 10 деревьев средневозрастного генеративного состояния, предварительно обмывали дистиллированной водой, подсушивали и фиксировали в сушильном шкафу при температуре +105 °С в течение 15 мин. с последующим досушиванием при температуре +65 °С в течение 2 ч. Определение содержания 9 тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cr, Mn) в сухом растительном материале проводили атомно-абсорбционным методом на базе испытательного центра ФГУ ЦАС “Кемеровский”. Для оценки накопления в растениях тяжелых металлов рассчитывали суммарный показатель концентрации (СПК): $СПК = \Sigma(C_0 - C_k) / C_k$, где C_0 – содержание химического элемента в листьях (хвое) контрольной зоны, C_k – содержание химического

элемента в листьях (хвое) придорожных зон. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с применением программы Statistica 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что в листьях и хвое деревьев примагистральных посадок г. Худжанда отмечается повышение содержания большинства ТМ в сравнении с контролем. Состав ТМ примагистральных насаждений отличается от состава аналогичных контрольных объектов более высокими концентрациями одних элементов и более низкими других (табл. 1, 2). Для древесных пород на всех исследованных улицах отмечается общая тенденция повышения свинца, меди, железа.

Таблица 1

Содержание ТМ у хвойных деревьев придорожных зон
г. Худжанда (средние данные за 2009–2010 гг.)

ПН ПДК	Содержание элемента, мг/кг								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Fe	Cr
	6,0	1,0	3,0	23,0	-	4,0	5,0	-	6,0
Сосна эльдарская									
1	2,39	0,14	1,71	24,2	172	0,78	0,71	75	1,28
2	2,19	0,17	2,38	54,7	154	1,06	0,80	145	0,33
3	3,60	0,23	3,54	54,2	206	2,40	1,1	191	0,45
4	2,78	0,19	4,18	92,4	174	3,56	1,32	119	0,58
5	1,08	0,19	2,29	40,2	293	0,93	0,83	60	0,31
Можжевельник виргинский									
1	3,40	0,15	2,10	17,0	105	1,62	1,22	140	0,60
2	3,54	0,15	2,10	16,7	78,6	1,80	1,45	101	0,43
3	4,22	0,11	1,86	19,9	95,9	1,38	1,48	191	0,44
4	3,98	0,14	2,08	21,2	107	1,12	1,26	160	0,47
5	2,32	0,10	2,09	15,5	163,5	1,89	1,38	95	0,52
Биота восточная									
1	3,19	0,15	2,09	15,8	71	1,25	0,90	154	0,50
2	4,76	0,21	2,27	17,3	138	1,61	1,04	136	0,61
3	4,16	0,18	2,08	15,2	186	1,11	0,88	185	0,51
4	3,97	0,24	2,82	26,7	133	1,92	1,42	150	0,80
5	1,12	0,21	2,04	16,1	242	1,73	0,83	96	1,38

Примечание: 1 – ул. Ленина, 2 – ул. К. Худжанди, 3 – 50 лет СССР, 4 – ул. 34 микрорайон, 5 – контроль. Ошибка средних значений не превышает 5 %.

Максимальный спектр ТМ (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cr) в сравнении с контролем аккумулирует тополь пирамидальный, причем в большей степени на ул. 34 микрорайон: отмечается превышение контроля содержания никеля (в 5 раз), свинца и хрома (в 3 и 4 раза), меди и цинка (в 2 раза).

Таблица 2

Содержание ТМ в листьях древесных растений придорожных зон

г. Худжанда (средние данные за 2009–2010 гг.)

ПН ПДК	Содержание элемента, мг/кг								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Fe	Cr
	6,0	1,0	3,0	23,0	-	4,0	5,0	-	6,0
Вяз гладкий									
1	2,82	0,31	3,65	14,20	148	2,3	1,3	208	0,67
2	2,30	0,26	3,09	19,05	121	2,1	1,2	216	0,75
3	5,24	0,22	2,88	23,70	138	2,2	0,95	288	0,62
4	4,46	0,33	3,75	18,35	139	2,8	1,6	275	1,10
5	1,61	0,25	2,83	11,95	193	2,9	1,0	187	0,83
Тополь пирамидальный									
1	3,48	0,39	3,89	18,0	71	2,9	1,5	165	0,52
2	2,64	0,41	4,00	35,2	123	4,6	1,6	157	0,79
3	4,39	0,36	3,99	24,1	128	3,0	1,4	179	1,64
4	3,90	0,45	4,50	24,2	138	7,1	2,5	176	1,10
5	0,99	0,14	2,27	12,2	178	1,4	0,8	142	0,36
Платан восточный									
1	4,39	0,19	2,96	9,2	103	2,3	0,8	175	0,37
2	2,64	0,14	2,65	6,6	117	1,0	0,7	170	0,21
3	3,57	0,31	3,56	13,4	111	2,4	1,1	151	1,08
4	3,66	0,21	4,69	15,6	88	2,5	1,2	187	0,84
5	1,35	0,19	2,21	19,3	210	2,3	1,1	129	0,44
Шелковица белая									
1	2,48	0,20	2,90	16,8	150	1,9	1,5	156	0,83
2	3,66	0,26	3,10	0,9	124	2,1	1,7	174	0,88
3	4,62	0,23	2,79	23,5	153	2,7	1,4	184	0,79
4	4,76	0,19	2,77	19,5	160	2,7	1,3	210	0,89
5	1,30	0,23	2,72	5,6	186	2,1	1,8	118	1,10
Ясень сирийский									
1	3,04	0,26	2,51	25,6	83	2,1	1,5	158	0,72
2	2,50	0,27	2,63	14,4	96	3,4	1,1	106	0,74
3	4,30	0,25	2,79	17,5	75	1,8	1,3	195	1,10
4	3,52	0,29	3,37	25,0	93	2,0	1,3	114	0,49
5	1,99	0,22	2,42	19,3	119	1,7	1,1	67	0,60

Примечание: 1 – ул. Ленина, 2 – ул. К. Худжанди, 3 – 50 лет СССР, 4 – ул. 34 микрорайон, 5 – контроль. Ошибка средних значений не превышает 5 %.

Для всех древесных пород выявлено максимальное превышение свинца в посадках правобережной части города и особенно на ул. 50 лет СССР (более чем в 3 раза в сравнении с контролем). У некоторых древесных пород аккумуляция ТМ отмечается не на всех площадках наблюдений.

Так, например, содержание кадмия однозначно повышается на исследуемых улицах у тополя, ясеня, можжевельника, у других древесных пород содержание данного элемента в некоторых случаях ниже контроля: у вяза на ул. 50 лет СССР, платана на ул. Ленина, шелковицы на ул. 34 микрорайон, у сосны – на ул. Ленина и К. Худжанди, у биоты – на ул.

Ленина. Минимальной аккумуляцией ТМ в сравнении с контролем характеризуется можжевельник виргинский. У некоторых древесных пород выявлено превышение ПДК тяжелых металлов в листьях и хвое. В среднем за 2009–2010 гг. наибольшее количество элементов выше ПДК накапливает тополь пирамидальный: медь (на всех исследуемых улицах), цинк (кроме ул. Ленина), никель (на ул. 34 микрорайон и К. Худжанди). Сосна эльдарская накапливает выше ПДК 2 элемента – цинк (на всех исследуемых площадках наблюдений, включая контрольные) и медь (на улицах 50 лет СССР и 34 микрорайон).

Платан накапливает медь выше ПДК на ул. 50 лет СССР и 34 микрорайон, цинк накапливают выше ПДК шелковица (на ул. 50 лет СССР) и ясень (ул. Ленина и 34 микрорайон) (табл. 1, 2). У вяза гладкого, можжевельника виргинского и биоты восточной не выявлено превышения в содержании исследуемых ТМ выше ПДК.

Наиболее высокий суммарный показатель загрязнения ТМ (СПК) отмечается у тополя пирамидального и лежит в пределах 7,50...15,23 с максимумами на ул. 34 микрорайон (15,23) и ул. 50 лет СССР (12,17). Однако, согласно данным Н. Н. Москаленко и Р. С. Смирновой [5], данный уровень загрязнения растительности оценивается как минимальный. У шелковицы белой, сосны эльдарской, вяза гладкого и можжевельника виргинского наиболее высокие показатели СПК выявлены также в посадках правобережной части города – на ул. 50 лет СССР и 34 микрорайон. В частности, у шелковицы белой СПК (5,96 и 5,45) в основном повышается за счет накопления железа, свинца и цинка, у сосны (СПК 7,10 и 8,42) – за счет увеличения содержания свинца, никеля и железа (рис. 1).

У платана восточного на ул. К. Худжанди СПК имеет отрицательное значение (-1,3), что связано с обеднением его листьев кадмием, цинком, марганцем, никелем, кобальтом и хромом в сравнении с контролем.

По показателю суммарного накопления ТМ (СПК) исследуемые древесные породы можно расположить в следующий убывающий ряд:

тополь пирамидальный (7,50...15,23) > сосна эльдарская (1,86...8,42) > шелковица белая (1,13...5,96) > ясень сирийский (1,95...3,96) > вяз гладкий (0,96...4,05) > биота восточная (0,68...4,23) > платан восточный (-1,3...4,0) > можжевельник виргинский (0,49...2,17).

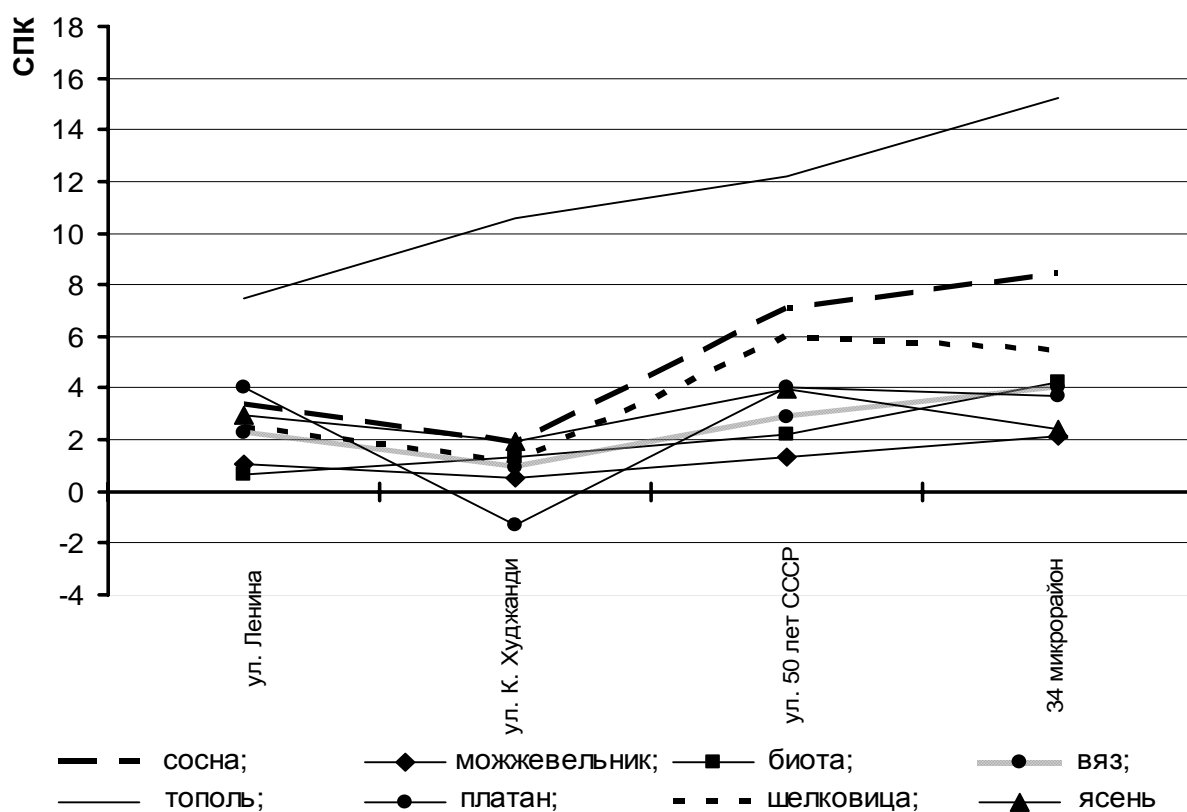


Рис. 1. Суммарное накопление ТМ (по величине СПК) в листьях и хвое древесных растений придорожных зон г. Худжанда (средние данные за 2009–2010 гг.)

Наряду с обогащением городской древесной растительности химическими элементами отмечается снижение в них концентрации ряда элементов. Наиболее дефицитным для всех видов растений придорожных посадок является марганец. Максимальное снижение содержания марганца отмечено у тополя (на ул. Ленина) и платана (на ул. 34 микрорайон) – в 2,5 раза в сравнении с контролем. У платана восточного на всех улицах отмечается обеднение листьев цинком, особенно на ул. К. Худжанди и ул. Ленина (в 2,9 и 2,1 раза ниже контроля соответственно), также отмечается снижение содержания никеля и кобальта на ул. К. Худжанди. У сосны эльдарской наряду с дефицитом марганца на всех исследуемых улицах, на ул. Ленина отмечается незначительное снижение в хвое кадмия, меди, никеля, кобальта и более значительное – цинка (в 1,7 раза в сравнении с контролем, однако, следует заметить, что содержание цинка в контроле превосходит ПДК). У вяза гладкого в примагистральных посадках отмечается обеднение листьев никелем (на всех исследуемых улицах) и хромом (кроме ул. 34 микрорайон).

Заключение

Таким образом, изменение химического состава древесной растительности в придорожных зонах г. Худжанда проявляется в накоплении элементов, преимущественно

связанных с техногенезом, и обеднении биофильными элементами и в первую очередь марганцем.

Выявлена видовая специфика в способности накопления тех или иных химических элементов листьями (хвоей) древесных растений в примагистральных посадках города Худжанда. Максимальный спектр ТМ (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cr) в сравнении с контролем аккумулирует тополь пирамидальный, причем в большей степени на ул. 34 микрорайон: отмечается превышение контроля никеля (в 5 раз), свинца и хрома (в 3 и 4 раза), меди и цинка (в 2 раза). Минимальной аккумуляцией ТМ в сравнении с контролем характеризуется можжевельник виргинский.

У некоторых древесных пород выявлено превышение ПДК тяжелых металлов в листьях и хвое. В среднем за 2009–2010 гг. наибольшее количество элементов выше ПДК накапливает тополь пирамидальный: медь (на всех исследуемых улицах), цинк (кроме ул. Ленина), никель (на ул. 34 микрорайон и К. Худжанди).

По показателю суммарного накопления ТМ (СПК) исследуемые древесные породы можно расположить в следующий убывающий ряд: тополь пирамидальный > сосна эльдарская > шелковица белая > ясень сирийский > вяз гладкий > биота восточная > платан восточный > можжевельник виргинский.

Для всех древесных пород характерны более высокие показатели СПК правобережной части города – на улицах 50 лет СССР и 34 микрорайон. Данная часть города характеризуется интенсивным движением грузового транспорта и располагается в непосредственной близости к горам Мегавул, где ведется разработка рудных месторождений. Проведенными исследованиями установлено, что, несмотря на превышение уровня ПДК по некоторым ТМ, уровень их суммарного накопления (по значению СПК) в листьях и хвое исследуемых древесных пород примагистральных посадок оценивается как низкий.

Список литературы

1. Ведерников К. Е. Биоэкологические особенности древесных растений в насаждениях урбаноэкосистем (на примере г. Ижевска): автореф. дис... канд. биол. наук. – Тольятти, 2008. – 20 с.
2. Курбатова А. Е, Башкин В. Н, Касимов Н. Е. Экология города. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.
3. Макушенко М. Е. Гидробиологические методы оценки качества воды природных водотоков в районе алмазоносного месторождения им. М. В. Ломоносова // Особь и

популяция – стратегии развития: матер. 9 Всерос. попул. семинара. – Уфа, 2006. – С. 375.

4. Мотылева С. М., Соснина М. В. О накоплении тяжелых металлов в листьях и плодах различных сортов черной смородины в зависимости от фазы вегетации / С. М. Мотылева, М. В. Соснина // С.-х. биология. Сер. Биология растений. – 1996. – № 1. – С. 67-71.

5. Москаленко Н. Н., Смирнова Р. С. Геохимическая оценка загрязнения окружающей среды Ленинского района Москвы // Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. – М.: МГУ, 1990. – 64 с.

6. Неверова О. А., Колмогорова Е. Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. – Новосибирск: Наука, 2003. – 222 с.

7. Смит У. Х. Лес и атмосфера. – М.: Прогресс, 1985. – 429 с.

8. Чукпарова А. У. Изучение состояния сосновых насаждений в условиях аэротехнического загрязнения // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. междунар. науч.-прак. конф. – Томск, 2005. – С. 208-210.

Рецензенты:

Еремеева Н. И., доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово.

Позняковский В. М., доктор биологических наук, профессор, директор НИИ биотехнологии и сертификации КемТИПП, г. Кемерово.