

УДК 630.181

UDC 630.181

**ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА
УРБАНИЗИРОВАННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ Г.
ВОРОНЕЖА (НА ПРИМЕРЕ
ПРИАКВАТОРИАЛЬНОЙ ДРЕВЕСНОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОРОНЕЖСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА)**

**HEAVY METALS IMPACT ON URBAN
PLANTATIONS IN VORONEZH (ON EXAMPLE
OF TREE SPECIES LOCATED IN NEAR-
SHORE OF VORONEZH RESERVOIR)**

Перелыгина Елена Николаевна
соискатель кафедры ландшафтной архитектуры и
почвоведения
pelena_80@mail.ru

Perelygina Elena Nicolaevna
competitor in the Department of Landscape
architecture and soil science
pelena_80@mail.ru

Разинкова Александра Константиновна
аспирант кафедры экологии, защиты леса и
лесного охотоведения
razincova@mail.ru
*Воронежская государственная лесотехническая
академия, г. Воронеж, Россия*

Razinkova Alexandra Konstantinovna
postgraduate student of the Department of Ecology,
forest protection and gamekeeping
razincova@mail.ru
*Voronezh State Forestry Engineering Academy,
Voronezh, Russia*

В статье проведены исследования в области
влияния поглощения загрязняющих веществ
насаждениями на их патологическое состояние в
экстремальных условиях посадок прибрежной
зоны Воронежского водохранилища

This article presents the results of researching impact
of contaminant absorption with pathological state of
tree species in extreme condition of Voronezh
reservoir near-shore

Ключевые слова: ГОРОДСКИЕ НАСАЖДЕНИЯ,
ОЗЕЛЕНЕНИЕ НАБЕРЕЖНОЙ, ПРИБРЕЖНАЯ
ЗОНА, СОСТОЯНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ,
ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ПОГЛОЩЕНИЕ

Keywords: CITY PLANTINGS, PLANDING
WATERFRONT, COASTAL, CONDITION, HEAVY
METALS POLLUTION ABSORPTION

Оптимизация городской среды является наиболее важным вопросом, который связан с ростом населения городов и расширения их границ. Изучение современного состояния и прогнозирование развития природных экосистем имеют огромное значение в целях рационального природопользования.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами в промышленно-урбанизированных центрах ставит задачу комплексного изучения содержания токсикантов в экосистемах этих территорий. В связи с возрастающими масштабами техногенного загрязнения окружающей среды ряд тяжелых металлов и токсичных элементов включен в международные и отечественные списки загрязняющих веществ, подлежащих контролю [1].

К «тяжелым металлам» относят химические элементы, обладающие свойствами металлов. Медь, цинк, марганец, никель и др. физиологи позиционируют как «микроэлементы» [2], поэтому понятия «тяжелые металлы» и «микроэлементы» одинаково употребимы.

В ходе различного рода исследований нужно учитывать и обязательно разделять источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду. Все источники тяжелых металлов разделяют на две большие группы: естественные (природные) и техногенные. В условиях городской среды на первое место выходят именно техногенные источники загрязнения тяжелыми металлами. Относя Воронеж к городам с сильным загрязнением атмосферного воздуха [3], основными источниками атмосферного загрязнения мы определяем тепловые электростанции (27%), выхлопы автотранспорта (13,1%), а также предприятия по добыче и изготовлению строительных материалов (8,1%) [4].

Почвы в Воронеже поглощают большие дозы загрязняющих веществ: соли в зимнее время для ускорения снеготаяния, тяжелых металлов и т.д. Естественно плодородие городских почв отличается от естественных лесных почв. Повышенная рекреационная нагрузка на объектах озеленения приводит к излишнему уплотнению почвы, что приводит к нарушению воздухообмена и водообмена корней деревьев с окружающей средой. Обеднению также способствует ежегодная уборка опавшей листвы, скашивание газона, бедность почвенной микрофлоры, ограниченная площадь питания и т.д. [5].

Среди химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов (табл. 1) имеются тяжелые металлы, которые относят к 1,2 или 3 классам опасности [6].

Таблица 1 - Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов, к классам опасности

Класс опасности	Химическое вещество
1(вещества высокоопасные)	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
2 (вещества умеренноопасные)	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
3 (вещества малоопасные)	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

К числу малоизученных относится вопрос о распределении тяжелых металлов в почвенном покрове и об аккумуляции их растениями в зависимости от различных экологических факторов [1]. Загрязнение тяжелыми металлами почвы наиболее опасно, так как накопление тяжелых металлов происходит быстро, а выводятся они из почвы крайне медленно. Например, период полужизни цинка составляет несколько сот лет, кадмия - до тысячи, меди – полтора века, а свинца - несколько тысячелетий. Ухудшение качества водной среды напрямую связано с деятельностью человека. Тяжелые металлы, содержащиеся в промышленных и бытовых сточных водах, поступают в реки, озера, водохранилища. Несомненно, на качество поверхностных вод оказывает прямое воздействие и рост населения крупных городов. Воронежское водохранилище среди поверхностных водных объектов Воронежской области является одним из самых загрязненных [3]. Удаление вредных примесей из водного и воздушного бассейнов происходит в результате самоочищения. Нарушение экологического равновесия вследствие первичного загрязнения влечет усугубление неблагоприятной ситуации.

Исследования ученых разных стран, проведенные на древесных растениях, показали, что тяжелые металлы накапливаются в органах растений, и по их содержанию можно оценить экологическую обстановку как городов. Накопление тяжелых металлов в органах растений происходит как за счет диффузии, так и связывания тяжелых металлов или их растворимых солей в менее подвижные комплексы с белками,

дубильными веществами и др. По процентному содержанию золы, в состав которой входят тяжелые металлы, можно судить об экологическом неблагополучии той или иной территории. При этом ответственным моментом является выбор растений – биомониторов. Эти растения должны быть достаточно устойчивыми к загрязнителям атмосферы, накапливать их в своих органах, быть широко распространенными [7].

Объектами наших исследований являются насаждения Воронежского водохранилища. Учитывая крайне неблагополучное состояние водоема и возможные негативные последствия, вопросы улучшения санитарного состояния среды должны стать приоритетными в комплексной программе улучшения экологической ситуации в городе. При обследовании древесной и кустарниковой растительности приакваториальной части Воронежского водохранилища мы определили основные виды. Ивы белая, ломкая, козья, остролистная, тополя белый, черный, пирамидальный, осина, береза бородавчатая, ольха черная формируют насаждения прибрежной зоны водохранилища. Распространены вяз мелколистный, ива трехтычинковая. В качестве растений-биомониторов по исследуемой тематике выбраны ольха черная и ива ломкая, распространенные повсеместно. Для определения содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn) в фитомассе (листьях) *Alnus glutinosa* (L.) GAERTH и *Salix fragilis* L. выборка производилась как в экологически благоприятных, так и более загрязненных районах города. Отбор фитомассы проводился в трехкратной повторности в сентябре 2008-2010 годов методом средней пробы с 10 деревьев разного возраста в каждой зоне загрязнения (контрольном участке) (табл. 1, 2). С каждого дерева отбиралось не менее 10 побегов из кроны на разной высоте. При отборе фитомассы учитывалось распространение выше указанных видов на прибрежной территории водохранилища: по *Salix fragilis* L. определены 11 контрольных участков, *Alnus glutinosa* (L.) - 9. Следует учитывать, что в

районах ул. Солодовникова (правый берег) и ул. Саврасова-Новикова (левый берег) отсутствует достаточные для достоверности данных распространение ольхи черной, поэтому исследования проводились только в отношении ивы ломкой. Контрольные участки находятся на левом и правом берегах водохранилища. Их расположение на карте города Воронежа и характеристика представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в фитомассе (листьях) *Alnus glutinosa (L.) GAERTH*

Номер контрольного участка	Контрольный участок	Влажность образца, %	Концентрация тяжелых металлов на абсол. сух.в-во, мг/кг			
			Pb	Cd	Cu	Zn
1.	Отрощка	55,61	1,08	0,065	8,10	56,47
2.	Набережная Чуева	55,37	1,17	0,100	10,10	46,57
3.	Детский парк «Дельфин»	56,61	1,41	0,15	12,57	60,65
4.	Чернавская дамба	53,65	1,72	0,150	10,86	33,77
5.	Набережная Авиастроителей	56,15	1,65	0,110	10,10	36,85
6.	Масловка	61,98	0,75	0,060	11,55	43,82
7.	Петровская набережная	49,65	1,42	0,160	7,62	31,91
8.	Набережная Горького	58,41	0,86	0,032	10,27	76,82
9.	Санаторий Горького (фоновый)	53,83	1,07	0,075	7,90	57,31
Среднее значение		55,70	1,34	0,222	9,90	53,80

Содержание тяжелых металлов в фитомассе (листьях) определялось атомно-абсорбционным методом на атомно-абсорбционном спектрофотометре С-115 (МУ). Суть метода заключается в сухом озолении средней пробы растительного материала с каждого контрольного участка. Определение содержания Cu, Zn, Pb, Cd проводят в растворе золы после минерализации анализируемого материала.

Таблица 3 - Содержание тяжелых металлов в фитомассе (листьях) *Salix fragilis L.*

Номер контрольного участка	Контрольный участок	Влажность образца, %	Концентрация тяжелых металлов на абсол. сух.в-во, мг/кг			
			Pb	Cd	Cu	Zn
1.	Отрожка	63,34	0,66	0,46	5,78	177,16
2.	Набережная Чуева	59,21	0,86	0,23	6,11	89,30
3.	Детский парк «Дельфин»	59,31	0,64	0,34	6,67	161,15
4.	Чернавская дамба	53,70	1,30	0,21	3,11	61,49
5.	Набережная Авиастроителей	54,58	0,80	0,39	5,44	143,52
6.	Район улиц Саврасова Новикова	61,22	0,94	0,48	5,99	99,19
7.	Масловка	58,20	0,74	0,28	6,22	108,17
8.	Район улицы Солодовникова	59,28	1,54	0,15	6,16	53,13
9.	Петровская набережная	58,65	0,93	0,19	5,62	79,52
10.	Набережная Горького	59,57	0,41	0,35	5,45	85,41
11.	Санаторий Горького (фоновый)	59,64	0,95	0,26	5,02	107,27
Среднее значение		53,02	0,99	0,30	5,60	105,94

Проведенный анализ накопления всех четырех металлов указал на различия аккумулирующей способности видов. Рассматривая древесные растения в качестве биоиндикаторов, необходимо учитывать разную геохимическую активность видов в отношении свинца, кадмия, меди и цинка. Из представленных диаграмм (рисунок 3-6) и таблиц 2, 3 можно сделать вывод о том, что свинца и меди ольха черная поглощает больше, нежели ива ломкая. Ива ломкая же аккумулирует больше кадмия и цинка. Следовательно, на одном и том же контрольном участке свинца в листьях ольхи черной содержится в 1,58 раза больше, чем в листьях ивы ломкой, превышение по меди составляет 199%. Листья ивы ломкой содержат кадмия в 4 раза больше, чем листья ольхи черной на одном и том же контрольном участке, превышение по цинку составляет 237%.

Содержание тяжелых металлов в фитомассе (листьях) древесных растений (в порядке снижения концентраций) отражает следующий

элементный ряд: $Zn > Cu > Pb > Cd$. Все образцы для анализа на содержание тяжелых металлов отбирались в разных зонах загрязнения. Выделялись участки непосредственно у дорог с интенсивным движением, на расстоянии 100 м и на расстоянии 1000 м от путепроводов, а также исследования проводились в зоне относительно чистого воздуха (фон). Содержание всех металлов в максимальной зоне загрязнения не всегда больше, чем в других зонах. Данные исследования показали, что определяя «фоновым участком» территорию с относительно минимальным загрязнением воздуха, мы не можем говорить о соответственно наименьшей концентрации всех металлов в фитомассе деревьев.

Нормирование содержания тяжелых металлов в растениях является важнейшим направлением мониторинга окружающей среды в условиях урбанизированной среды. Процесс нормирования сложен из-за невозможности полного и всестороннего учета факторов природной среды. Устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов в растениях [8, 9]. Изменение любого компонента окружающей среды влечет уменьшение или увеличение содержания тяжелого металла в растении. В литературе существует множество шкал, устанавливающих ПДК тяжелых металлов в растении (причем в разных его частях). Иногда данные шкалы разнятся в несколько раз. Анализ литературы показал, что российские и зарубежные ученые не могут предложить единого подхода к нормированию содержания тяжелых металлов.

В.Б. Ильин [9] указывает нормальные концентрации свинца для растений -2-14 мг/кг абсолютно сухого вещества, кадмия – 0-2, меди – 6-15 и цинка – 25-150. Выделяют также критические и фитотоксические концентрации, превышающие нормальную в несколько раз и являющиеся фатальными для растений. В наших исследованиях все числовые значения лежат в пределах нормальных концентраций для растений, что говорит об их устойчивости в условиях урбанизированной среды.

Все виды древесной растительности, произрастающие на контрольных участках района исследования были отнесены к двум группам: местные и интродуцированные виды.

К аборигенными видам, произрастающим на приближенной к водохранилищу зоне, относятся: ива ломкая, вяз гладкий, ольха черная, береза повислая; к интродуцентам отнесены ива вавилонская, тополь пирамидальный. Состояние интродуцированных пород прибрежной части Воронежского водохранилища находится в угнетенном состоянии. Фиксируется суховершинность у тополя пирамидального, усохшие скелетные ветви, ошмыги и обдиры, морозобойные трещины. Худшее состояние приходится на иву вавилонскую: многочисленные обломы, наличие опухолей, плодовых тел, морозобойных трещин и усохших скелетных ветвей. Из-за повышенной рекреационной нагрузки на ольхе черной, вязе гладком и березе повислой наблюдаются многочисленные обдиры и ошмыги коры. Опухоли встречаются единично на вязе гладком в стадии капа. Учитывая все вышеизложенное и определяя приоритетной задачей районирования городской территории по экологическому благополучию, можно сделать вывод о том, что только комплексное исследование всех компонентов окружающей среды является правильным и достоверным.

Выводы:

1. Содержание тяжелых металлов в фитомассе *Alnus glutinosa* (L.) GAERTH и *Salix fragilis* L. (в порядке снижения концентраций) отражает следующий элементный ряд: $Zn > Cu > Pb > Cd$.

2. Проведенный анализ накопления всех четырех металлов указал на различия аккумулирующей способности видов. Можно сделать вывод о том, что свинца и меди ольха черная поглощает больше, нежели ива

ломкая. Ива ломкая же аккумулирует больше кадмия и цинка. На одном и том же контрольном участке свинца в листьях ольхи черной содержится в 1,58 раза больше, чем в листьях ивы ломкой, превышение по меди составляет 199%. Листья ивы ломкой содержат кадмия в 4 раза больше, чем листья ольхи черной на одном и том же контрольном участке, превышение по цинку составляет 237%.

3. Содержание всех металлов в максимальной зоне загрязнения не всегда больше, чем в других зонах. Данные исследования показали, что определяя «фоновым участком» территорию с относительно минимальным загрязнением воздуха, мы не можем говорить о соответственно наименьшей концентрации всех металлов в фитомассе деревьев. Рассматривая экологическое благополучие территории, нужно учитывать различные компоненты окружающей среды.

4. В наших исследованиях все числовые значения лежат в пределах нормальных концентраций для растений, что говорит об их устойчивости в условиях урбанизированной среды.

5. Только комплексное исследование всех компонентов окружающей среды является правильным и достоверным.

6. В качестве рекомендации можно изложить, что более устойчивыми и жизнеспособными в условиях прибрежной зоны являются аборигенные породы местного происхождения.

Литература

1. Яковлева Ю.В. Экологические аспекты региона: Материалы V Межрегиональной научно-практической конференции (28 мая 2009 года). Воронеж: Изд-во ВГУ, 2009. 288 с.
2. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Ленинград: Наука, 1974. 324 с.
3. О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2012 году: Доклад / Администрация городского округа г. Воронеж ; Управление по охране окружающей среды. Воронеж, 2013. 98 с.
4. Кирпатовский И.П. Охрана природы: Справочник для работников нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: Химия, 1980. 375 с.
5. Горышина Т.К. Растения в городе. Л., 1991. 152 с.

6. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
7. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии растений: Учебное пособие. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 1997. 305 с.
8. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 140 с.
9. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. М.: Наука, 1991. 152 с.

References

1. Jakovleva Ju.V. Jekologicheskie aspekty regiona: Materialy V Mezhhregional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii (28 maja 2009 goda). Voronezh: Izd-vo VGU, 2009. 288 s.
2. Shkol'nik M.Ja. Mikrojelementy v zhizni rastenij. Leningrad: Nauka, 1974. 324 s.
3. O sostojanii okruzhajushhej sredy na territorii Voronezhskoj oblasti v 2012 godu: Doklad / Administracija gorodskogo okruga g. Voronezh ; Upravlenie po ohrane okruzhajushhej sredy. Voronezh, 2013. 98 s.
4. Kirpatovskij I.P. Ohrana prirody: Spravochnik dlja rabotnikov neftepererabatyvajushhej i neftehimicheskoj promyshlennosti. M.: Himija, 1980. 375 s.
5. Goryshina T.K. Rastenija v gorode. L., 1991.152 s.
6. GOST 17.4.1.02-83. Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikacija himicheskikh veshhestv dlja kontrolja zagryaznenija.
7. Fedorova A.I., Nikol'skaja A.N. Praktikum po jekologii rastenij: Uchebnoe posobie. Voronezh: Voronezh. gos. un-t, 1997. 305 s.
8. Alekseev Ju.V. Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah. L.: Agropromizdat, 1987. 140 s.
9. Il'in V.B. Tjzhelye metally v sisteme pochva-rastenie. M.: Nauka, 1991. 152 s.