

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЯХ СКВЕРОВ И ПАРКОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОЯРСКА

A.S. Podluzhnaya, S.E. Badmaeva

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN ARBOREAL PLANTS OF SQUARES AND PARKS OF THE RIGHT BANK OF KRASNOYARSK

Подлужная А.С. – асп. каф. кадастра застроенных территорий и планировки населенных мест Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zemfak@kgau.ru
Бадмаева С.Э. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. кадастра застроенных территорий и планировки населенных мест Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: s.bad55@mail.ru

Podluzhnaya A.S. – Post-Graduate Student, Chair of Built-up Territories Inventory and Planning of Populated Places, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: zemfak@kgau.ru
Badmaeva S.E. – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Built-up Territories Inventory and Planning of Populated Places, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: s.bad55@mail.ru

В статье обсуждаются экологические проблемы, связанные с содержанием тяжелых металлов в листьях и хвое древесных пород: березы, ели и тополя – в скверах и парках правобережья г. Красноярск. Установлено, что высокий уровень атмосферного загрязнения, обусловленный техногенными нагрузками, приводит к ухудшению качества природных объектов, таких как почва и растения. Большую опасность для растительного сообщества представляют тяжелые металлы. Тяжелые металлы, накапливаясь в жизненно важных органах растений, приводят к угнетению метаболизма, замедляя рост и развитие, а в иных случаях – к гибели культур. Выявлено, что различные породы древесных культур обладают различной способностью к накоплению тяжелых металлов в листьях и в хвое. В работе показаны результаты накопления тяжелых металлов на территории парков и скверов правобережья города в листьях и хвое древесных видов растений, наиболее широко представленных в озеленении урбанизированных территорий: береза повислая (*betula pendula*), тополь бальзамический (*populus balsamifera*) и ель сибирская (*pinus sibirica*). В сквере Одесский наблюдаются завышенные концентрации железа, марганца, свинца и хрома во всех изучаемых породах деревьев. В сквере Энтузиастов приоритетными загрязнителями, выявленными в листьях и хвое древесных культур, являются свинец и хром. В парке Татышев – марганец, свинец и хром, а в

парке ДК 1 Мая – марганец, свинец и хром. Все остальные тяжелые металлы находятся в пределах допустимых концентраций.

Ключевые слова: тяжелые металлы, древесные растения, урбанизированные территории, негативные факторы, парки и скверы, техногенная нагрузка, средообразующие функции.

In the study the environmental problems connected with the content of heavy metals in leaves and needles of tree species are discussed: birches, fir-trees and poplars in the squares and parks of the right bank of Krasnoyarsk. It was established that the high level of atmospheric pollution caused by technogenic loadings led to deterioration of natural objects, such as the soil and plants. Big danger to vegetable community was constituted by heavy metals. Heavy metals, collecting in vitals of plants, led to oppression of the metabolism, slowing down the growth and development, and in other cases to death of the crops. It was revealed that various varieties of arboreal cultures possessed various ability of accumulation of heavy metals in leaves and needles. In the study the results of heavy metals accumulation in the territory of parks and squares of the right bank of the city in leaves and needles of arboreal species of the plants present in gardening of the urbanized territories were shown: drooping birch (*betula pendula*), poplar balsam (*populus balsamifera*) and Siberian fir-tree (*pinus sibirica*). In the squares of Odessa the overestimated concentration of iron, manganese, lead and chrome in

all studied varieties of trees were observed. On Enthusiasts Square among the priority pollutants revealed in the leaves and needles of arboreal cultures were lead and chrome. In Tatyshev Park were manganese, lead and chrome, and in recreation in the Park named after May, 1 were manganese, lead and chrome. All other heavy metals were in the limits of admissible concentration.

Keywords: *heavy metals, arboreal plants, urbanized territories, negative factors, parks and squares, technogenic loading, environmental functions.*

Введение. Размещение в г. Красноярске крупных объектов энергетики, предприятий химической и металлургической промышленности, все возрастающие нагрузки автотранспорта обуславливают высокий уровень атмосферного загрязнения. В разных районах города уровень атмосферного загрязнения имеет дифференцированный характер, но наиболее высокие показатели отмечены на правом берегу, что определяется геоморфологическими и метеорологическими условиями [1]. Содержание химических элементов в природных объектах, главным образом в почве и растениях урбанизированных территорий, напрямую зависит от атмосферных выбросов. 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 промышленности, автотранспорта и др. Негативное влияние техногенных факторов на окружающую среду привело к тому, что многие растительные сообщества, популяции и отдельные растения постоянно или периодически испытывают различные неблагоприятные воздействия, среди которых одно из главных мест занимают тяжелые металлы. Проблемам накопления тяжелых металлов в древесных культурах городских территорий посвящены работы многих авторов, как в нашей стране, так и за рубежом [2–8].

Оптимизация экологической обстановки на урбанизированных территориях является важнейшей задачей современности. Одним из способов ее реализации является подбор древесных насаждений, выполняющих средообразующие функции.

Цель исследований. Определить содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур скверов и парков правобережья города Красноярска.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований послужили широко применяемые для озеленения парков и скверов городов древесные культуры: береза повислая (*Betula pendula*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) и ель сибирская (*Picea sibirica*). Определение валового содержания ряда тяжелых металлов (Fe, Co, Mn, Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Ni) в золе растений выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Germany) на базе лаборатории рентгеновских методов анализа Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (г. Улан-Удэ). Повторность опыта трехкратная.

Результаты исследований. Исследования показали различную способность древесных видов растений, наиболее широко представленных в озеленении зон отдыха горожан, к накоплению тяжелых металлов. В зависимости от месторасположения, метеорологических и геоморфологических условий, от техногенных нагрузок накопление тяжелых металлов происходит по-разному.

Сквер Одесский расположен в Ленинском районе г. Красноярска, на улице Одесская. Сквер занимает площадь 1,46 га. Видовой состав древесной растительности разнообразен и представлен следующими породами: тополь (272 единицы), береза (22 единицы), ранет (12 единиц), ель (23 единицы), сосна (35 единиц), ива (7 единиц), рябина (9 единиц), клен (9 единиц), акация (18 единиц), кедр (7 единиц).

С одной стороны сквер Одесский окружает автомобильная дорога, которая ведет на выезд к Северному шоссе, с другой стороны – дорога по ул. Одесская. Вблизи находятся две автобусные остановки, на которых действует 3 автобусных маршрута. Количество автобусов составляет 50 единиц. Интенсивность движения автотранспорта на прилегающих улицах к скверу Одесский является низкой. Содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур сквера Одесский представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур сквера Одесский, мг/кг

Элемент	Береза повислая (betula pendula)	Тополь бальзамический (populus balsamifera)	Ель сибирская (picea siberian)	ПДК (по Прохоровой)
Fe	762,18	547,97	453,22	300
Co	1,89	3,36	0,19	1,0
Mn	53,11	69,10	111,52	25
Cd	0,26	0,9	0,10	0,5
Pb	15,74	8,32	6,87	0,5
Zn	130,93	80,09	43,77	150
Cr	6,07	5,92	2,48	1,0
Cu	8,94	7,10	4,35	15
Ni	4,87	4,49	1,64	20

По степени возрастания концентраций элементов в листьях березы повислой в расчете на сухую биомассу (мг/кг) их можно расположить в следующий геохимический ряд:

$Fe > Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Ni > Co > Cd$.

Накопление железа во всех изучаемых древесных культурах превышает предельно допустимые показатели в 2,5–1,5 раза. Особенно высокий уровень содержания свинца обнаружен во всех породах деревьев. Так, содержание этого элемента превышает допустимые показатели от 13,7 в хвое ели сибирской до 31,5 раза в листьях тополя бальзамического. Цинк, медь и никель находятся в пределах нормы.

Накопление тяжелых металлов в листьях тополя бальзамического по степени возрастания идентично накоплению этих элементов в листьях березы повислой.

В хвое ели сибирской содержание тяжелых металлов по степени возрастания можно распо-

ложить в следующем порядке:

$Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni > Co > Cd$.

Сквер Энтузиастов находится в Кировском районе г. Красноярска. Площадь сквера 3,4 га. Располагается напротив крупного торгового центра «Красноярье», примерно в ста метрах от протоки Абаканской. Расстояние до проспекта «Красноярский рабочий» составляет около 350 метров, интенсивность движения очень высокая и составляет 1620 единиц автотранспорта. Видовой состав древесной растительности сквера разнообразен и представлен следующими породами: тополь (38 единиц), береза (28 единиц), клен (12 единиц), ранетка (21 единица), ель (9 единиц), черемуха (5 единиц), рябина (11 единиц), акация (6 единиц). В таблице 2 показано содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур, произрастающих в сквере Энтузиастов.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур сквера Энтузиастов, мг/кг

Элемент	Береза повислая (betula pendula)	Тополь бальзамический (populus balsamifera)	Ель сибирская (picea siberian)	ПДК (по Прохоровой)
Fe	174,52	369,63	322,92	300
Co	0,31	1,87	0,51	1,0
Mn	49,81	67,30	15,54	25
Cd	0,22	0,64	0,16	0,5
Pb	3,14	5,18	2,48	0,5
Zn	136,13	30,40	18,34	150
Cr	3,87	6,01	2,55	1,0
Cu	5,03	5,67	1,97	15
Ni	1,48	3,13	0,80	20

Содержание железа, кобальта, кадмия, меди и никеля в березе повислой находится в пределах допустимых показателей. Свинца – в 6,3 раза, хрома – 3,8 раза и марганца в два раза выше предельно допустимых показателей. В листьях тополя бальзамического выявлены повышенные накопления таких элементов, как: железо, кобальт, марганец, кадмий, хром. Содержание свинца показывают очень высокое – в 10 раз выше предельно допустимых концентраций. Остальные элементы находятся в предельно допустимых концентрациях. В хвое ели сибирской кобальт, марганец, цинк, медь и никель не превышают предельно допустимые по-

казатели, тогда как содержание свинца превышает эти показатели почти в 5 раз.

Остров Татышев расположен в центральной части города Красноярска на реке Енисей и является одной из главных рекреационных зон Красноярска, популярным местом у любителей активного отдыха. В 2010-х гг. было принято решение о переименовании острова Татышев в Татышев-парк. Общая площадь парка составляет 150 га. Для изучения содержания тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур в Татышев-парке были отобраны образцы у доминирующих культур парка (табл. 3).

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур Татышев-парка, мг/кг

Элемент	Береза повислая (betula pendula)	Тополь бальзамический (populus balsamifera)	Ель сибирская (picea siberian)	ПДК (по Прохоровой)
Fe	289,59	226,66	441,85	300
Co	1,20	1,88	0,35	1,0
Mn	92,94	67,63	58,02	25
Cd	0,35	1,43	0,06	0,5
Pb	3,92	6,04	1,95	0,5
Zn	82,23	74,71	19,65	150
Cr	2,94	5,75	3,03	1,0
Cu	4,84	6,88	3,48	15
Ni	1,87	4,71	1,02	20

Содержание железа, кадмия, цинка, меди и никеля в листьях березы находится в пределах допустимых концентраций, а содержание марганца, свинца и хрома превышает допустимые показатели. Самые высокие накопления кадмия и свинца обнаружены в листьях тополя – в 2,9–12,1 раза соответственно. Превышение допустимых норм в хвое сибирской выявлено по элементам: железо, марганец и свинец.

Парк ДК им. 1 Мая расположен в Ленинском районе г. Красноярска, на улице Парковая, на расстоянии 100 метров от протоки Ладейская. Площадь парка составляет 6,1 га. Благоустройство и реконструкция парка были проведены в 2012 году. До этого парк находился в заброшенном состоянии. Видовой состав древесной растительности разнообразен и представлен сле-

дующими породами: тополь (768 единиц), береза (30 единиц), ранетка (17 единиц), ель (50 единиц), голубая ель (8 единиц), пихта (4 единицы), черемуха (15 единиц), рябина (18 единиц), кедр (10 единиц), акация (33 единицы). По периметру парка располагаются вазоны и цветочные фигуры.

Расстояние до одной из главных автомобильных дорог правобережья г. Красноярска – проспекта им. газеты Красноярский рабочий – 437 метров, и менее чем в 10 м от парка простираются автомобильные дороги по ул. Центральный проезд, ул. Парковая. Содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур представлено в таблице 4.

Содержание тяжелых металлов в листьях и хвое древесных культур парка ДК 1 Мая, мг/кг

Элемент	Береза повислая (<i>betula pendula</i>)	Тополь бальзамический (<i>populus balsamifera</i>)	Ель сибирская (<i>picea siberian</i>)	ПДК (по Прохоровой)
Fe	147,42	293,83	525,47	300
Co	0,81	1,77	0,52	1,0
Mn	46,93	45,30	26,67	25
Cd	0,26	0,64	0,16	0,5
Pb	3,33	5,53	4,08	0,5
Zn	74,70	41,00	29,80	150
Cr	1,77	5,59	4,44	1,0
Cu	3,94	8,10	5,23	15
Ni	1,07	4,28	1,14	20

В листьях березы, произрастающей в парке ДК 1 Мая, завышенные показатели тяжелых металлов представлены по следующим элементам: марганец, свинец и хром. Тополь аккумулирует, кроме вышеперечисленных элементов, еще и кобальт и кадмий. В хвое ели сибирской, произрастающей в парке ДК 1 Мая, выявлено завышенное накопление железа, марганца, свинца и хрома.

Выводы

1. Среди представителей древесных растений (береза, тополь, ель), наиболее часто используемых для озеленения крупных мегаполисов, наиболее выраженной способностью к аккумуляции тяжелых металлов обладает тополь, для которого характерно накопление самых токсичных тяжелых металлов – кадмия, свинца, а также марганца.

2. Для всех изученных видов деревьев характерна свинцово-хромово-марганцевая специализация.

3. Степень накопления тяжелых металлов в листьях и хвое изучаемых культур зависит от месторасположения объектов.

Литература

1. Циммерман В.И., Бадмаева С.Э. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 4. – С. 3–6.
2. Гиниятуллин Р.Х., Баталов А.А., Кулагин А.Ю. Содержание некоторых металлов в листьях и ветвях *Populus balsamifera* L. в усло-

виях промышленного загрязнения // Экология. – 1999. – № 1. – С. 26–29.

3. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 2. – С. 107–117.
4. Зокиров Р.С., Неверова О.А. Оценка аккумуляционной способности древесных растений в отношении тяжелых металлов в примыкающих зонах г. Худжанда // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7230> (дата обращения: 08.05.2016).
5. Копылова Л.В. Накопление тяжелых металлов в древесных растениях урбанизированных территорий Восточного Забайкалья: автореф. ... канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2012. – 21 с.
6. Тарабрин В.П. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Микроэлементы в окружающей среде. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 17–28.
7. Franiel I., Blocka A. The seeds Quality of *Betula pendula* Roth and *Betula obscura* Kotula from Semi-Natural and Anthropogenic Habitats // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2008. – V. 11 (11). – P. 1455–1460.
8. Eltrop L., Brown G., Joachim O. [et al.]. Lead tolerance of *Betula* and *Salix* in the mining area of Mechernich (Germany) // Plant and Soil. – 1991. – V. 131. – P. 275–285.

Literatura

1. *Cimmerman V.I., Badmaeva S.Je.* Antropogennoe zagryaznenie atmosfernogo vozduha gorodov Krasnojarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 4. – S. 3–6.
2. *Ginijatullin R.H., Batalov A.A., Kulagin A.Ju.* Soderzhanie nekotoryh metallov v list'jah i vetvjah *Populus balsamifera* L. v uslovijah promyshlennogo zagryaznenija // Jekologija. – 1999. – № 1. – S. 26–29.
3. *Gural'chuk Zh.Z.* Mehanizmy ustojchivosti rastenij k tjazhelym metallam // Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij. – 1994. – T. 26. – № 2. – S. 107–117.
4. *Zokirov R.S., Neverova O.A.* Ocenka akumulirujushhej sposobnosti drevesnyh rastenij v otnoshenii tjazhelyh metallov v primagistral'nyh zonah g. Hudzhanda // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2012. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7230> (data obrashhenija: 08.05.2016).
5. *Kopylova L.V.* Nakoplenie tjazhelyh metallov v drevesnyh rastenijah urbanizirovannyh territorij Vostochnogo Zabajkall'ja: avtoref. ... kand. biol. nauk. – Ulan-Udje, 2012. – 21 s.
6. *Tarabrin V.P.* Fiziologija ustojchivosti drevesnyh rastenij v uslovijah zagryaznenija okruzhajushhej sredy tjazhelymi metallami // Mikrojelementy v okruzhajushhej srede. – Kiev: Naukova dumka, 1980. – S. 17–28.
7. *Franiel I., Blocka A.* The seeds Quality of *Betula pendula* Roth and *Betula obscura* Kotula from Semi-Natural and Anthropogenic Habitats // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2008. – V. 11 (11). – P. 1455–1460.
8. *Eltrop L., Brown G., Joachim O.* [et al.]. Lead tolerance of *Betula* and *Salix* in the mining area of Mechernich (Germany) // Plant and Soil. – 1991. – V. 131. – P. 275–285.

