

М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА НА ОСНОВЕ ЭКОФИТОИНДИКАЦИИ

Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Исследования выявили качественные и количественные характеристики загрязнения зеленых насаждений Центрального района Санкт-Петербурга. В липе мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) содержания микроэлементов выше, чем в тополе берлинском (*Populus* sp.), что позволяет рекомендовать ее как индикатор. Основными элементами-загрязнителями выступают Fe, Cr, Ni, Pb, содержание которых в городских растениях превышает фоновые в 3–15 раз. Пространственное распределение загрязнений мозаично, что связано с интенсивными автотранспортными нагрузками и с историей развития территорий. Библиогр. 10 назв. Ил. 4. Табл. 1.

Ключевые слова: экофитоиндикация, загрязнение, микроэлементы, урбогеосистема.

M. D. Ufimtseva, N. V. Terekhina

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF THE CENTRAL DISTRICT (SAINT-PETERSBURG) ON THE BASIS OF ECOPHYTOINDICATION

St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

A study of the greenspace in the Central district of St.-Petersburg found the basic elements of Fe, Cr, Ni, and Pb pollution in an association of elements isolated by factor analysis. Species-specific factors related to the accumulation of trace elements lie in the fact that leaves and bark of lime (*Tilia cordata* Mill.) have high a content of a majority of the above elements. Zn and Cd are accumulated in organs of the poplar (*Populus x berlinensis* Dippel.). Ratios of the microelement content for the city/control are: for lime leaves — Fe (9,4), Pb (5,3), Cr (4,7), Zn (4,6), Cu (4,5); for poplar leaves — Cd (6,3), Pb (5,5), Fe (4,7), Zn (3,7), Cr (3,2); for lime bark — Cu (15,9), Fe (9,6), Pb (7,5), Cr (5,8), Ba (5,5), Ni (5,1); for poplar bark — Cu (9,6), Fe (5,5), Pb (4,9), Ba (3,9). Analysis of summarized pollution indicators showed that the leaves of the trees represent seasonal pollution of the urban environment and characterize it as medium and high. The bark of the trees, however, accumulating pollutants over many years, reflects a medium, high, and very high level of pollution in the district (for lime bark 54% of samples characterized a very high level of pollution). Spatial distribution of contaminants is very patchy, due to the particulars of anthropogenic impact and the history of development in particular areas. It is noted that plants exposed to the highest load are those on streets with heavy vehicular traffic loads. Refs 10. Figs 4. Tables 1.

Keywords: ecophytoindication, pollution, microelements, urboecosystem.

Введение

Настоящая статья завершает исследование по оценке экологического состояния Центрального района (ЦР) Санкт-Петербурга. На основе результатов исследований были опубликованы две статьи о физико-химической характеристике и эколого-геохимической оценке почв ЦР [1, 2]. Район характеризуется максимальной в городе плотностью населения. На одного жителя района приходится 11,7 м² зеленых насаждений (ЗН) всех категорий, тогда как суммарная площадь озелененных территорий только общего пользования должна быть не менее 16 м²/чел. [3]. Однако Закон о зеленых насаждениях Санкт-Петербурга [4] предусматривает для

ЦР минимальные нормативы обеспеченности населения территориями ЗН всего 6 м²/чел.

ЗН урбогеосистем являются биогеохимическим барьером как на пути миграции газообразных и твердых веществ из загрязненной атмосферы, так и при поступлении загрязняющих веществ из почвы. Нами рассмотрены особенности микроэлементного состава деревьев как результат функциональной взаимосвязи компонентов урбогеосистем. Изучение пространственно-временной структуры техногенных преобразований городской среды с использованием биогеохимического подхода создает объективную основу для медико-гигиенических исследований и разработки практических рекомендаций по охране окружающей среды.

Материалы и методы

Объектами исследования выбраны широко используемые в ЗН деревья: липа мелколистная *Tilia cordata* Mill. и тополь *Populus* sp. У растений отбирались пробы листьев без черешков (на высоте 1,5–2 м от поверхности почвы по всему периметру крон с 3–5 соседних деревьев) и корки (на высоте 1,0–1,5 м по окружности ствола у тех же деревьев). Пробы не отмывались. Всего отобрано у липы: 50 проб корки, 32 пробы листьев; у тополя: 15 проб корки, 21 проба листьев. На 22 пробных площадях были взяты образцы почв (с глубины 0–10 см) методом конверта.

Первичная подготовка проб растительных и почвенных образцов проводилась согласно общепринятым методикам [5]. Определение содержания Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Co, Cd, Ba, Sr в золе растений проводилось в лаборатории спектрального анализа ВСЕГЕИ им. А. П. Карпинского атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP AES). Результаты обработаны статистически. Для оценки интенсивности накопления микроэлементов (МЭ) древесными растениями рассчитывались коэффициенты концентрации (Кк), представляющие отношение содержания МЭ в городских растениях к их содержанию в фоновых растениях (в качестве регионального фона использовались значения, полученные нами ранее для Ленинградской обл.).

Результаты и их обсуждение

Величина зольности листьев и корки липы и тополя варьирует в широком диапазоне. Средняя зольность (также минимальная и максимальная) листьев тополя выше, чем у липы и соответственно равна 14,22 (11,5–20,96) и 10,81 (6,88–16,03)%. Корка липы имеет несколько бóльшую зольность 8,42 (6,14–15,19), чем корка тополя 7,85 (5,44–10,3)%. По сравнению с Василеостровским районом зольность листьев и корки липы и тополя в Центральном районе выше на 1,5–3% [6]. Значения зольности в фоновых условиях ниже, чем в ЦР, и лежат в диапазоне 4,98–9,27% для листьев липы, 5,89–12,06% для листьев тополя, 3,23–5,88% для корки липы, 4,14–7,66% для корки тополя.

Результаты анализа концентраций МЭ в растениях представлены в таблице.

Отмечено сходство в содержании МЭ в листьях и корке липы и тополя, но таких элементов, как Ba, Pb, Ni, Cu, в корке этих пород больше, чем в листьях. Одновременно видны и видовые особенности накопления МЭ: так, липа в листьях

Таблица. Содержания МЭ в опробованных древесных породах Центрального района Санкт-Петербурга (мг/кг воздушно-сухого вещества)

Вид	n	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Sr	Ba	Co
листья												
тополь	17	<u>971</u>	<u>66,2</u>	<u>4,65</u>	<u>1,88</u>	<u>13,2</u>	<u>225,5</u>	<u>5,4</u>	<u>0,61</u>	<u>63,5</u>	<u>28,6</u>	<u>0,88</u>
		388–	21,4–	2,21–	0,96–	7,5–	115,5–	3,2–	0,24–	29,2–	15,3–	0,48–
		1853	191,7	7,06	3,42	20,3	589,4	7,9	1,18	94,2	44,8	1,48
липа	32	<u>2152</u>	<u>77,0</u>	<u>5,37</u>	<u>2,64</u>	<u>18,9</u>	<u>60,8</u>	<u>9,0</u>	<u>0,13</u>	<u>51,8</u>	<u>45,5</u>	<u>1,07</u>
		437–	27,0–	1,73–	1,39–	8,3–	21,1–	2,9–	0,05–	20,8–	22,2–	0,2–
		4203	824,0	9,16	5,08	38,2	100,4	19,6	0,36	86,3	75,7	2,24
корка												
тополь	15	<u>1643</u>	<u>29,3</u>	<u>5,14</u>	<u>4,77</u>	<u>26,7</u>	<u>178,2</u>	<u>20,5</u>	<u>0,54</u>	<u>54,1</u>	<u>71,2</u>	<u>1,14</u>
		433–	17,8–	1,94–	1,52–	14,5–	105,2–	5,2–	0,02–	27,3–	31,7–	0,6–
		2318	48,9	14,43	8,6	37,2	312,7	58,0	1,47	132,1	155,8	2,34
липа	50	<u>2708</u>	<u>39,8</u>	<u>6,3</u>	<u>7,84</u>	<u>69,7</u>	<u>135,1</u>	<u>34,6</u>	<u>0,47</u>	<u>47,0</u>	<u>94,6</u>	<u>1,41</u>
		1355–	20,2–	2,81–	4,59–	26,4–	58,2–	15,9–	0,01–	27,9–	53,4–	0,82–
		6050	192,3	26,47	14,69	230,6	359,1	86,6	1,35	100,1	221,7	2,54

Примечание. n — количество проб; над чертой — среднее; под чертой — пределы минимум–максимум.

и корке имеет высокие содержания большинства определенных элементов; Zn и Cd больше накапливается в органах тополя.

Ранжированные ряды содержаний МЭ в исследованных объектах выглядят следующим образом:

- листья липы (город): Fe > Mn > Zn > Sr > Ba > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > Cd;
- листья липы (фон): Mn > Fe > Sr > Ba > Zn > Cu > Pb > Ni > Cr > Co > Cd;
- листья тополя (город): Fe > Zn > Mn > Sr > Ba > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > Cd;
- листья тополя (фон): Fe > Zn > Mn > Sr > Ba > Cu > Ni > Cr > Pb > Cd;
- корка липы (город): Fe > Zn > Ba > Cu > Sr > Mn > Pb > Ni > Cr > Co > Cd;
- корка липы (фон): Fe > Mn > Sr > Ba > Zn > Cu > Pb > Ni > Cr > Cd > Co;
- корка тополя (город): Fe > Zn > Ba > Sr > Mn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co > Cd;
- корка тополя (фон): Fe > Zn > Sr > Mn > Ba > Cu > Pb > Cd > Ni > Cr.

Последовательность МЭ в ранжированных рядах для листьев тополя и липы в городских условиях отличается лишь перестановкой мест Mn и Zn. Ранжированные ряды МЭ для корки этих видов характеризуются существенными отличиями по сравнению с листьями, что обусловлено многолетним накоплением МЭ под антропогенным воздействием. Об этом же свидетельствует снижение в ней роли биофильного элемента Mn и увеличение количества Ba.

Для фоновых условий содержания МЭ в листьях липы отличаются от городских тем, что на первое место здесь выходит Mn, это отражает специфику биогенной миграции МЭ в таежной зоне. Для листьев тополя в фоне отмечено перемещение Pb ближе к концу ряда, что свидетельствует о снижении автотранспортной нагрузки за городом. Для корки липы в фоновых условиях по сравнению с городскими на 2-е место выходит Mn, тогда как Zn уходит на 5-е. Эта закономерность повторяет ту, что наблюдается для листьев липы. Для корки тополя в фоновых условиях отмечено смещение технофильных элементов Ba, Ni, Cr в конец ряда.

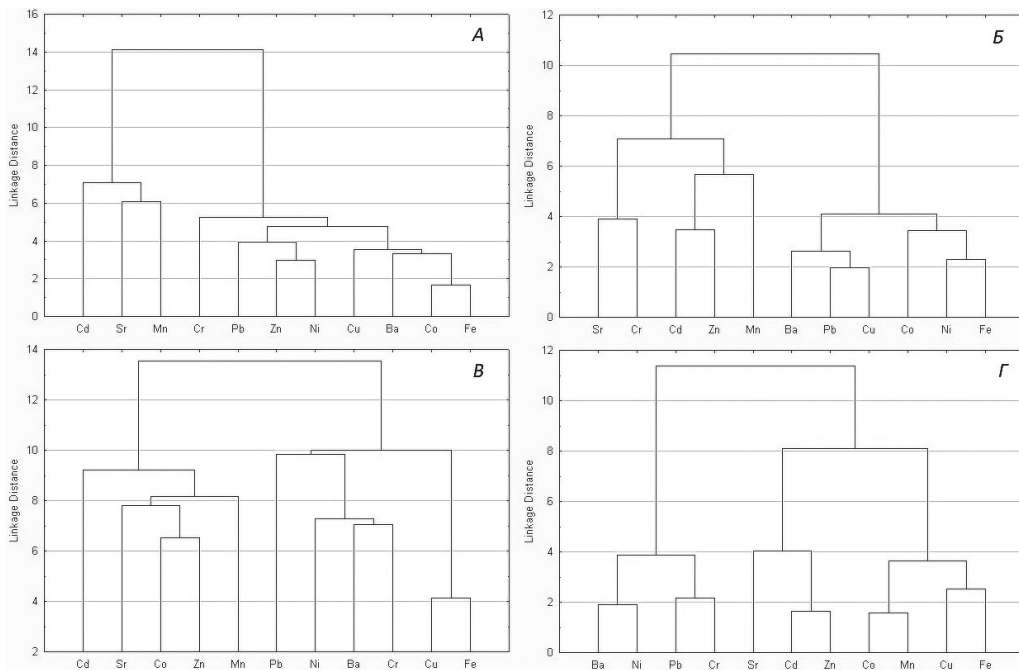


Рис. 1. Дендрогаммы кластерного анализа нормализованных данных по содержанию МЭ для: а — листьев липы, б — листьев тополя, в — корки липы, г — корки тополя.

Факторным анализом нормализованных данных, проведенным с помощью метода главных компонент, выявлены ассоциации элементов. Для всех исследованных объектов (кроме листьев тополя) к первому фактору относятся Fe, Ni, Pb, Cr, выступающие основными элементами-загрязнителями городской среды (для листьев липы и тополя к первому фактору относятся также Cu, Co и Ba), а ко второму фактору Mn и Sr (за исключением листьев тополя, где Mn имеет небольшой вклад). Результаты кластерного анализа подтверждают выводы, сделанные по факторному анализу (рис. 1), — ветви дендрогаммы в основном объединяют ассоциации элементов, выделенных факторным анализом.

Для сравнения полученных данных с фоновыми были вычислены коэффициенты концентрации (Кк) (рис. 2, 3). Кк для листьев липы по многим химическим элементам выше, чем для листьев тополя, кроме Zn и Cd, которые выше для листьев тополя. По отношению к Zn тополь выступает как селективный аккумулятор: даже в чистых местообитаниях этот элемент накапливается в частях и органах тополя в повышенных количествах. Для листьев липы самые высокие средние величины Кк отмечены у Fe_{9,4}, Pb_{5,3}, Cr_{4,7}, Zn_{4,6}, Cu_{4,5}. Для листьев тополя — Cd_{6,3}, Pb_{5,5}, Fe_{4,7}, Zn_{3,7}, Cr_{3,2}. Это основные элементы-загрязнители листьев деревьев.

Для корки липы и тополя спектр элементов-загрязнителей значительно расширился: практически все исследованные элементы, за исключением Sr и Mn, имеют Кк > 1. Высокие средние значения Кк для корки липы имеют Cu_{15,9}, Fe_{9,6}, Pb_{7,5}, Cr_{5,8}, Ba_{5,5}, Ni_{5,1}; для корки тополя — Cu_{9,6}, Fe_{5,5}, Pb_{4,9}, Ba_{3,9}. Корка липы более активно

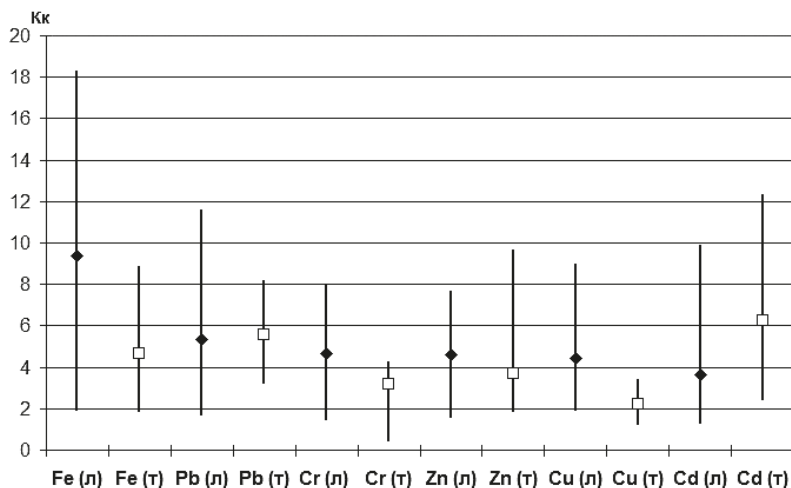


Рис. 2. Коэффициенты концентрации микроэлементов для листьев липы (л) и тополя (т) Центрального района Петербурга

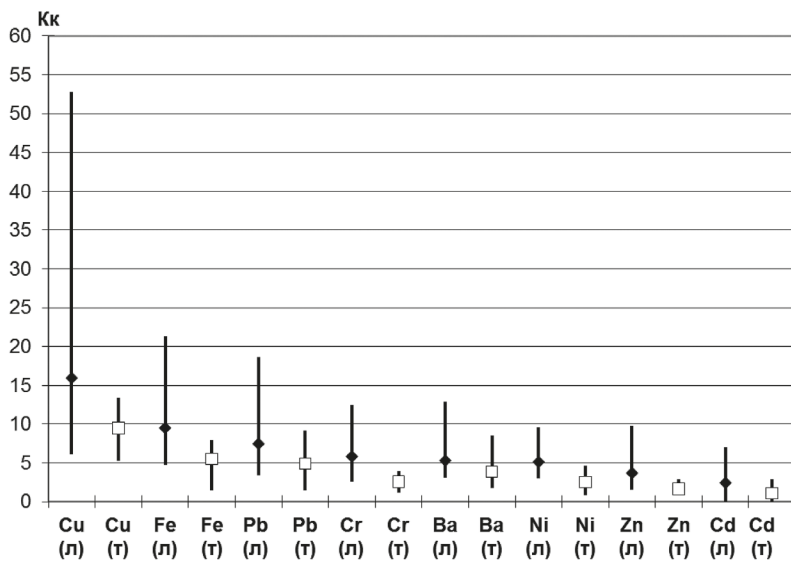


Рис. 3. Коэффициенты концентрации микроэлементов для корки липы и тополя Центрального района Петербурга

аккумулирует химические элементы — ее Кк значительно выше, чем у корки тополя, что может быть связано как с видовыми отличиями, так и со структурой корки деревьев: корка липы менее мощная, чем у тополя, и при пробоотборе приходится снимать ее с большей поверхности, контактирующей с атмосферным воздухом.

Корреляционный анализ Кк для проб, отобранных на одних и тех же пробных площадях (всего их 13), выявляет сильную связь между коркой тополя и коркой липы. В результате многолетнего накопления МЭ корка растений, выступая биогеохимическим барьером, отражает общее загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха.

Корреляционная связь между Кк почв и корки опробованных видов деревьев или практически отсутствует, или отрицательная. Это дает основание предполагать, что основным источником загрязнения древесных растений являются приземные слои воздуха, включая, главным образом, выхлопные газы автотранспорта. Также причиной отсутствия взаимозависимостей мог послужить тот факт, что нами оценивалось валовое содержание МЭ в почвах, а не количество их подвижных форм. К тому же химический состав почв в городе может зависеть от множества факторов, в том числе и от смены поверхностных горизонтов почв в процессе их реставрации.

Используя Кк, с учетом класса опасности тяжелых металлов (1 класс — Zn, Pb, Cd; 2 — Cr, Ni, Cu, Co; 3 — Fe, Mn, Sr, Ba), которым придавались коэффициенты веса 1,5, 1,0 и 0,5 соответственно, были вычислены показатели суммарного загрязнения (Zc) [7]. Листья липы и тополя характеризуются сходными значениями Zc. Для корки липы данные показатели существенно превышают значения таковых для корки тополя. Распределение по пяти уровням суммарного загрязнения [8] от минимального ($Zc < 20$) до чрезвычайно высокого ($Zc > 60$) показало, что большинство отобранных проб листьев липы (85 %) относятся к среднему и высокому уровню загрязнения, для листьев тополя максимальное количество проб (48 %) характеризуется средним уровнем загрязнения. Что касается проб корки, то для липы большая часть проб (54 %) относится к очень высокому уровню загрязнения, а пробы корки тополя (62,5 %) равномерно распределяются между высоким и средним уровнями загрязнения. Таким образом, листья деревьев отражают сезонное загрязнение городской среды и характеризуют его как среднее и высокое, а корка деревьев, накапливая загрязняющие вещества за много лет, отражает средний, высокий и очень высокий уровень загрязнения района.

Пространственное распределение показателей Zc растений, как и при анализе экологического состояния ЦР по почвам [2], отличается мозаичностью и значительной вариабельностью (рис. 4). Наиболее чистыми являются пробные площади в центре Таврического сада (Zc листьев липы 15,7; корки липы 30,6; почвы 9,97), в закрытом дворе на ул. Гончарной д. 19–21 (Zc листьев липы 14,7; корки липы 29,9), в центре Митрополичьего сада Александро-Невской Лавры (Zc листьев липы 22,8; корки липы 46,3; почвы 24,6). Наиболее грязными — в уличных посадках у больницы им. К. А. Раухфуса на 2-й Советской ул. (Zc листьев липы 51,0; корки липы 113,6; почвы 50,7), в сквере Галины Старовойтовой на ул. Суворова, 31 (Zc листьев липы 43,3; корки липы 39,0; почвы 70,0), в Сангальском саду на Лиговском пр. (Zc листьев липы 41,5; корки липы 37,9; почвы 51,9), на Харьковской ул., д. 13 (Zc листьев липы 22,7; корки липы 60,0; почвы 75,2). Основной причиной такого распределения загрязнения является автотранспортная нагрузка и история развития конкретной территории. Тополь в целом демонстрирует менее контрастные геохимические аномалии, следовательно, корка липы является более предпочтительным объектом при оценке экологического состояния городской среды.

В районе отмечается дифференциация типов насаждений по уровню загрязнения. При ранжировании типов насаждений по показателю Zc как для корки, так и для листьев липы, снижение идет в ряду: улица — сквер — открытый двор — сад — улица с незначительным автотранспортным движением — двор.

Сравнивая полученные данные с авторскими данными по Василеостровскому району Санкт-Петербурга [9], можно отметить, что в корке липы и тополя ЦР

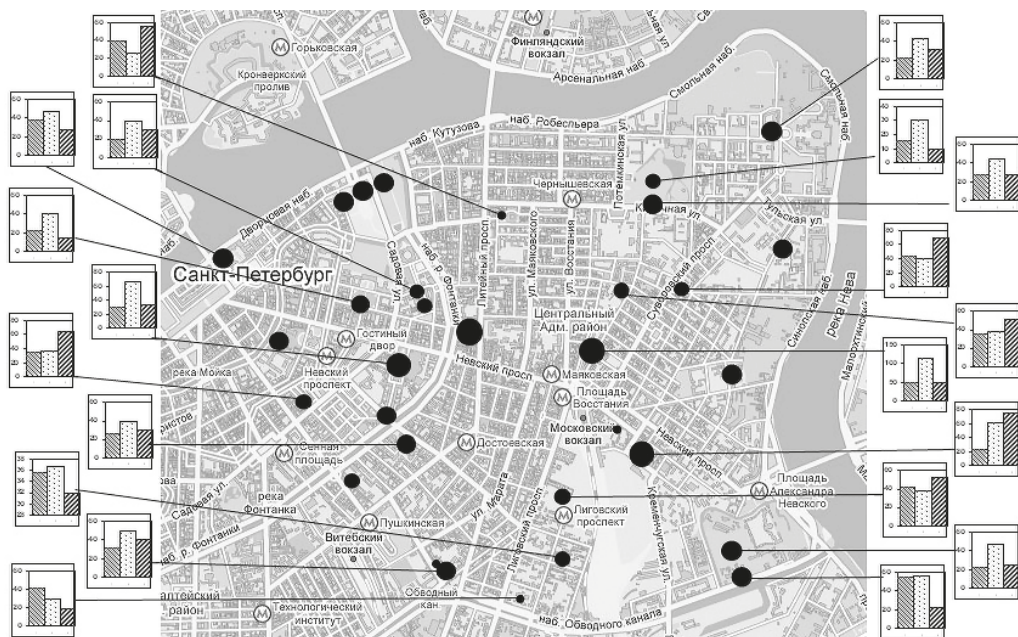


Рис. 4. Пространственное распределение показателей суммарного загрязнения корки и листьев ● средний, ● высокий, ● очень высокий, ● чрезвычайно высокий.

Обозначения столбцов диаграмм Zс: ▨ ЛИСТЬЯ, ▤ КОРКА, ▧ ПОЧВА.

в 2–5 раз больше Fe, Zn, Cu, в листьях же этих деревьев в ЦР больше Fe, Zn, Mn. В листьях деревьев Василеостровского района в 2 раза больше содержание Pb, Ni, Cu. Более поздние данные по содержанию МЭ в корке тополя для Василеостровского района [10] показывают высокие средние содержания Mn, Ni, Cu, Zn по сравнению с нашими данными по ЦР. Из вышесказанного следует, что высокая вариабельность содержания МЭ в растениях обусловлена как спецификой источников загрязнения в конкретных районах, так и в значительной степени особенностями пробоотбора, первичной обработки проб и применяемыми аналитическими методами. Избежать многих ошибок в экологической оценке городской среды можно при централизованных мониторинговых исследованиях на основе единых методических подходов.

Заключение

Выявлены качественные и количественные характеристики загрязнения древесных растений ЦР Санкт-Петербурга. Предпочтительным объектом оценки загрязнения атмосферного воздуха является корка липы. Содержание Ba, Pb, Ni, Cu в корке липы и тополя больше, чем в листьях. Определены видовые особенности накопления МЭ: липа в листьях и в корке имеет высокие содержания большинства определенных элементов; Zn и Cd больше накапливается в органах и тканях тополя. Факторный анализ показал определенное сходство в распределении МЭ по

ассоциациям у исследованных древесных пород. Во всех объектах к первому фактору относятся Fe, Cr (кроме листьев тополя), Ni, Pb, выступающие основными элементами-загрязнителями городской среды. Для этих элементов отмечены высокие значения Кк.

По показателю суммарного загрязнения (Zс) листья деревьев характеризуют уровень загрязнения ЦР как средний и высокий, а корка деревьев отражает средний, высокий и очень высокий уровень загрязнения. Для корки липы показатели Zс существенно превышают их значения для корки тополя. В наибольшей степени подвержены загрязнению растения улиц с интенсивной автотранспортной нагрузкой, в наименьшей — растения закрытых внутренних дворов.

Для улучшения экологического состояния городской среды необходимо большее внимание уделять технологическим требованиям к автотранспорту, так как соблюдение нормативов качества выхлопных газов способно существенно снизить антропогенное влияние на зеленые насаждения, а, следовательно, и на здоровье населения. Также необходимо оптимизировать автотранспортные потоки в ЦР и максимально эффективно использовать пространство для озеленения.

Литература

1. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В., Абакумов Е. В. Физико-химическая характеристика урбаноземов Центрального района Санкт-Петербурга // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. 2011. Вып. 4. С. 85–97.
2. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Эколого-геохимическая оценка состояния почв исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. 2014. Вып. 2. С. 122–136.
3. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*. М., 2011. 110 с.
4. Закон Санкт-Петербурга «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге». Принят Законодательным Собранием Санкт-Петербурга 23 июня 2010 г.
5. Методические указания по геологической съемке масштаба 1: 50 000. Биогеохимические и геоботанические исследования. Л.: Недра, 1972. 280 с.
6. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. СПб.: Наука, 2005. 339 с.
7. Водяницкий Ю. Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276–1280.
8. Москаленко Н. Н., Смирнова Р. С. Геохимическая оценка загрязнения окружающей среды Ленинского района Москвы // Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. М.: Изд-во МГУ, 1990. 237 с.
9. Терехина Н. В. Многокритериальная фитоиндикационная оценка экологического состояния городской среды мегаполиса (на примере Василеостровского района Санкт-Петербурга). Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. СПб., 1998. 20 с.
10. Опекунова М. Г., Захарян Л. С., Вокуева О. В., Константинова А. Ф. Экологический мониторинг загрязнения территории Васильевского острова Санкт-Петербурга с использованием тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) // Известия РГО. 2011. Т. 143, вып. 2. С. 31–44.

Для цитирования: Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Оценка экологического состояния Центрального района Санкт-Петербурга на основе экофитоиндикации // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2017. Т. 62. Вып. 2. С. 209–217. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.206

References

1. Ufimtseva M. D., Terekhina N. V., Abakumov E. V. Fiziko-khimicheskaya kharakteristika urbanozemov Tsentral'nogo rayona Sankt-Peterburga [Physicochemical description of soil in Central district of St. Petersburg]. *Vestnik St. Petersburg University. Ser. 7. Geology. Geography*, 2011, iss. 4, pp. 85–97. (In Russian)

2. Ufimtseva M. D., Terekhina N. V. Ekologo-geokhimicheskaya otsenka sostoyaniya pochv istoricheskogo tsentra Sankt-Peterburga [Ecological-geochemical assessment of soil condition in historical center of St. Petersburg]. *Vestnik St. Petersburg University. Ser. 7. Geology. Geography*, 2014, iss. 2, pp. 122–136. (In Russian)

3. SP 42.13330.2011 Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89* [Set of Rules 42.13330.2011 Town Planning. Planning and construction of urban and rural settlements. The updated edition of Building Regulations 2.07.01-89*]. Moscow, 2011, 110 p. (In Russian)

4. Zakon Sankt-Peterburga "O zelenykh nasazhdeniyakh v Sankt-Peterburge". Prinyat Zakonodatel'nym Sobranie Sankt-Peterburga 23 iyunya 2010 g. [St. Petersburg Law "On the green areas in St. Petersburg" Adopted by the Legislative Assembly of St. Petersburg June 23, 2010.] (In Russian)

5. Metodicheskie ukazaniya po geologicheskoy semke masshtaba 1: 50 000. Biogeokhimicheskie i geobotanicheskie issledovaniya [Guidelines on the geological mapping in scale 1: 50 000. Biogeochemical and geobotanical studies]. Leningrad, Nedra, 1972, 280 p. (In Russian)

6. Ufimtseva M. D., Terekhina N. V. Fitoindikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya urbogeosistem Sankt-Peterburga [Phytoindication of Ecological State of Urban Geosystems in Saint Petersburg]. St. Petersburg, Nauka, 2005, 339 p. (In Russian)

7. Vodianskiy Yu. N. Formuly otsenki summarnogo zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami i metalloidami [Formulas of assessment of the total pollution of soils with heavy metals and metalloids]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 2010, no. 10, pp. 1276–1280. (In Russian)

8. Moskalenko N. N., Smirnova R. S. Geokhimicheskaya otsenka zagryazneniya okruzhayushchey sredy Leninskogo rayona Moskvy [Geochemical assessment of pollution of the Leninsky district of Moscow]. *Ekologiya i okhrana prirody Moskvy i Moskovskogo regiona [Ecology and Nature Protection in Moscow and Moscow region]*. Moscow, Moscow State University Publisher, 1990, 237 p. (In Russian)

9. Terekhina N. V. *Mnogokriterial'naya fitoindikatsionnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya gorodskoy sredy megapolisa (na primere Vassileostrovskogo rayona Sankt-Peterburga)*. Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk [Multi-criteria phytoindication assessment of the ecological state of urban environment in metropolis (on the example of Vassileostrovsky district of St. Petersburg)]. PhD Thesis Abstract]. St. Petersburg, 1998, 20 p. (In Russian)

10. Opekunova M. G., Zaharyan L. S., Vokueva O. V., Konstantinova A. F. Ekologicheskiy monitoring zagryazneniya territorii Vasil'evskogo ostrova Sankt-Peterburga s ispol'zovaniem topolya bal'zamicheskogo (*Populus balsamifera* L.) [Environmental pollution monitoring of the territory of Vasilyevsky Island of St. Petersburg using poplar (*Populus balsamifera* L.)]. *Izvestia Russian Geographical Society*, 2011, vol. 143, no. 2, pp. 31–44. (In Russian)

For citation: Ufimtseva M. D., Terekhina N. V. Assessment of the ecological status of the Central District (Saint-Petersburg) on the basis of ecophytoindication. *Vestnik SPbSU. Earth Sciences*, 2017, vol. 62, issue 2, pp. 209–217. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.206

Статья поступила в редакцию 1 ноября 2016 г.

Статья рекомендована в печать 1 марта 2017 г.

Контактная информация

Уфимцева Маргарита Дмитриевна — кандидат географических наук, доцент;
margufim@MU2881.spb.edu

Терехина Наталия Владимировна — кандидат географических наук, доцент;
natalia_terehina@mail.ru

Ufimtseva Margarita D. — PhD, Associate Professor; margufim@MU2881.spb.edu

Terekhina Natalia V. — PhD, Associate Professor; natalia_terehina@mail.ru