

УДК 582:546.3:712:252(477.63)

## ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЛИСТКАХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ПАРКІВ М. ДНІПРОПЕТРОВСЬКА

О. Іванченко<sup>1</sup>, В. Бессонова<sup>1</sup>, Н. Капелюш<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

вул. Ворошилова, 25, Дніпропетровськ 49000, Україна

<sup>2</sup>Запорізький національний університет

вул. Гоголя, 62, Запоріжжя 69000, Україна

e-mail: kapel6532@i.ua

Досліджено вміст важких металів у листках деревних рослин парків м. Дніпропетровська, які розташовані на різних відстанях від джерел забруднення. Кількість цих елементів (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr) в асиміляційних органах *Tilia platyphyllos* Scop., *Acer platanoides* L. та у хвої *Thuja orientalis* L., що ростуть у парках міста, переважно більша, ніж у парку с. Орловщина (відносно чиста зона). Концентрація всіх досліджуваних металів найвища у листках дерев парків ім. М.І. Калініна та Молодіжному, які перебувають у сфері дії емісій промислових підприємств. Суттєво менша кількість металів накопичується в органах асиміляції рослин у районах житлових забудов, віддалених від промислових комплексів. Співвідношення Mn/Fe в листках усіх рослинних об'єктів збільшується у парках ім. М.І. Калініна, Молодіжному та Т.Г. Шевченка стосовно рослин, які використовувались як контроль. В інших парках цей показник статистично не відрізняється від значень контрольного варіанта або трохи знижується. Концентрація біогенних металів не вища, ніж верхні критичні рівні їх накопичення у рослинах, тоді як вміст таких металів як Ni, Cd, Cr, за шкалами деяких дослідників, перевищує їх, що може викликати токсичний ефект, особливо за одночасної дії. Рівень накопичення важких металів опосередковано свідчить про ступінь забруднення ними паркових територій і може бути використаний як індикатор оцінки стану навколишнього середовища у рекреаційних зонах.

*Ключові слова:* м. Дніпропетровськ, парки, промисловість, листки, важкі метали, відношення Fe/Mn.

Дніпропетровськ є великим індустріальним містом із розвинутою чорною металообробною та коксохімічною промисловістю. Викиди цих підприємств і автомобільного транспорту суттєво змінюють природний геохімічний фон. Кількість елементів, що потрапляє в навколишнє середовище у ряді випадків, значно перевищує рівень їх природного надходження. Особливо небезпечні важкі метали, які здатні концентруватися в живих організмах, викликаючи при цьому різні патології розвитку. Вони не розкладаються як органічні речовини, а можуть лише перерозподілятися між природними середовищами. Серед важких металів (відносна атомна вага перевищує 40) є група біогенних елементів (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo тощо), які безумовно необхідні для життєдіяльності живих організмів, проте у високих концентраціях вони стають токсичними. Такі метали як Pb, Ni, Cd, Ti, V та ін. не є безумовно необхідними для фізіолого-біохімічних процесів рослин, крім того, негативно впливають на перебіг цих процесів.

Коливання накопичення металів у листках рослин можуть бути досить значними залежно від рівня техногенного забруднення атмосферного повітря і ґрунту [3, 5, 7, 17,

22]. Поглинаючи важкі метали з ґрунту і повітря, рослини виконують санітарно-гігієнічну роль, проте при цьому порушуються їхні фізіологічні функції, погіршується життєвий стан [8, 9, 13, 14].

Контроль за накопиченням фітотоксикантів у органах рослинних об'єктів дасть змогу виявити тенденції змін рівня екологічного стресу, прогнозувати процеси, що відбуваються в рослинах, і можливий ступінь погіршення стану зелених насаджень. Особливо це важливо для міських парків, які слугують геохімічними бар'єрами і яким належить важлива роль у покращенні екологічної ситуації на урбанізованих територіях [18].

Мета даного дослідження – вивчити накопичення важких металів у листках деревних рослин різних парків м. Дніпропетровська.

#### Матеріали та методи

Як дослідні використовували такі види деревних рослин: клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), липу широколисту (*Tilia platyphyllos* Scop.) та біоту східну (*Thuja orientalis* L.). Рослини росли у парках м. Дніпропетровська: ім. Т.Г. Шевченка, ім. Л. Глоби, Севастопольському, Молодіжному (колишній парк ім. В.І. Леніна), ім. Ю. Гагаріна, ім. В. Дубініна, ім. М.І. Калініна, ім. Б. Хмельницького, з них перші чотири – парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. Парки розташовані у різних зонах міста. Рослини, які використовували як контроль, росли у парку за межами міста (с. Орловщина). Проби листків відбирали з південно-східної частини крони на рівні 2 м від поверхні ґрунту з основи однорічних пагонів дерев одного вікового стану. Листки протирали вологим фільтрувальним папером від пилу і, щоб уникнути вимивання елементів, швидко ополіскували дистильованою водою.

Вміст металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на спектрометрі Hitachi 180–80 [29]. Цей метод заснований на використанні здатності вільних атомів певних елементів селективно поглинати резонансне випромінювання певної для кожного елемента хвилі. Як селективне джерело випромінювання використовували лампу з порожнистим катодом.

Підготовку рослинного матеріалу для визначення металів здійснювали за [23]. Наважку подрібненого рослинного матеріалу переносили в тигель, прокалювали в муфелі при температурі  $500 \pm 50^\circ\text{C}$ , охолоджували і зволожували 1 мл  $\text{HNO}_3$  (1:1). Після прогрівання на електроплитці знову прокалювали в муфелі, охолоджували та зважували. Попіл зволожували  $\text{HCl}$  (1:1), нагрівали на електроплитці до слабого кипіння, додавали 3–5 мл гарячої води і розчин переносили у пробірки. З пробірок розчин переливали в чисті пляшечки крізь фільтр із білою стрічкою і розводили водою до 10 мл. Цей розчин використовували для визначення важких металів. Кількісне визначення іонів металів проводили за калібрувальним графіком за допомогою стандартних зразків.

Коефіцієнт відносного накопичення металів розраховували як відношення вмісту металу в листках рослин парків міста до його фонового рівня (парк с. Орловщина). Результати експерименту оброблені статистично [19].

#### Результати і їхнє обговорення

Кількість заліза у листках модельних рослин змінюється порівняно з контролем залежно від відстані парків до джерел забруднення (табл. 1). Коефіцієнт відносного накопичення цього металу в липи широколистої коливається від 1,14 у парку ім. В. Дубініна до 2,32 у парку ім. М.І. Калініна, у клена гостролистого ці цифри варіюють від 1,11 до 2,15, а у біоти східної – від 1,12 до 2,96. Найменше підвищення вмісту заліза виявлено у листках рослин парку ім. В. Дубініна, трохи більше у парках ім. Б. Хмельницького, ім. Ю. Гагаріна та Севастопольському. Максимальна кількість цього елемента спостерігається в листках рослин парків ім. М.І. Калініна, Молодіжному, ім. Л. Глоби та ім. Т.Г. Шевченка (табл. 2).

Кількість марганцю практично така ж, як і в контролі у листках липи широколистої в парках ім. Ю. Гагаріна та Севастопольському, а у клена гостролистого і біоти східної також і в парку ім. В. Дубініна. У листках рослин інших парків вміст марганцю вищий, ніж фоновий рівень, особливо у парках ім. М.І. Калініна та Молодіжному (табл. 1).

Х. Г. Якубов [31] вказує, що одночасно з накопиченням ряду важких металів у листках дерев в умовах мегаполісу відбувається їхнє збіднення на інші елементи, особливо марганець, нижче за контроль у деяких видів виявлено вміст нікелю і барію. Автор вважає, що це пов'язано як зі зміною доступності елементів для рослини, так і з антагонізмом між катіонами вже на фазі їхнього надходження в клітини кореня. При цьому ступінь збіднення листків на вміст марганцю залежить від виду рослини. На більш низький вміст марганцю в листках деяких деревних рослин у міському та заводському парках порівняно з контролем вказують також й інші автори [16]. Разом з тим, у наших дослідженнях зменшення концентрації цього елемента в органах асиміляції досліджуваних видів дерев не виявлено. Як уже зазначалося, в листках рослин деяких парків міста кількість елемента близька до фонових величин, в інших же його рівень достовірно зростає стосовно контролю. Можливо, це пов'язано з аерогенним забрудненням цим елементом території міста. Крім того, слід зазначити, що накопичення металів у асиміляційних органах рослин може відбуватися за рахунок не тільки поглинання їх коренями, а й потрапляння через продиховий апарат [25, 38, 39]. Отже, на вміст елементів в органах рослини можуть впливати не тільки конкурентні взаємини при поглинанні з ґрунту, але й адсорбція листками.

Таблиця 1

Вміст біогенних елементів у листках рослин різних парків м. Дніпропетровська,  
мг·кг<sup>-1</sup> абсолютно сухої маси

Парк	Fe	Mn	Zn	Cu
Липа широколиста				
с. Орловщина	240,91±9,45	97,52±3,20	31,23±1,32	12,50±0,50
Ю. Гагаріна	290,88±3,23	*108,24±4,60	*30,29±0,92	17,00±0,32
Л. Глоби	367,80±5,15	138,47±4,22	42,78±1,99	15,00±0,40
В. Дубініна	274,05±2,00	115,07±2,30	*33,60±1,10	14,75±0,22
М.І. Калініна	557,72±11,12	142,37±3,88	44,39±2,02	18,50±0,15
Молодіжний	480,81±9,14	162,31±3,99	45,28±2,45	16,75±0,13
Севастопольський	288,48±3,22	*106,29±4,80	36,85±1,02	15,51±0,10
Б. Хмельницького	278,80±2,89	120,97±2,00	39,66±1,88	16,12±0,11
Т.Г. Шевченка	362,34±3,78	123,90±3,12	40,60±2,00	15,40±0,09
Клен гостролистий				
с. Орловщина	310,81±5,25	124,20±5,20	42,42±1,45	15,34±0,42
Ю. Гагаріна	354,32±2,89	*145,08±6,56	*48,60±3,20	18,05±0,70
Л. Глоби	552,70±9,48	172,64±5,70	55,57±1,99	27,61±1,00
В. Дубініна	344,99±3,12	*120,17±4,55	*45,78±2,13	18,71±0,78
М.І. Калініна	668,24±10,12	211,14±7,12	55,99±2,55	22,08±1,03
Молодіжний	637,16±11,58	192,51±8,32	59,39±3,00	20,25±1,01
Севастопольський	372,97±3,78	*142,83±5,33	49,20±1,66	17,10±0,30
Б. Хмельницького	359,99±3,00	150,20±3,20	54,22±3,11	19,94±0,89
Т.Г. Шевченка	531,48±5,78	154,32±5,50	52,65±2,45	20,74±0,68
Біота східна				
с. Орловщина	198,73±4,78	112,45±3,25	29,74±1,07	9,76±0,30
Ю. Гагаріна	218,60±4,05	*106,82±3,00	36,88±1,80	11,25±0,33
Л. Глоби	370,20±9,20	151,17±2,89	38,95±1,56	13,47±0,31
В. Дубініна	222,57±5,55	*123,69±3,20	*32,36±1,10	*10,81±0,50
М.І. Калініна	589,51±10,77	181,02±4,22	41,63±2,03	15,84±0,66
Молодіжний	492,14±8,12	172,37±3,60	43,12±2,12	14,64±0,32
Севастопольський	244,30±4,55	*131,56±5,37	36,69±1,13	12,00±0,56
Б. Хмельницького	234,50±3,88	137,19±3,00	36,28±1,56	14,54±0,50
Т.Г. Шевченка	421,94±6,12	135,30±2,55	38,95±1,63	13,40±0,45

**Примітка:** \* різниця між контрольним і дослідним варіантами статистично недостовірна на 95% вому рівні ймовірності.

Таблиця 2

Коефіцієнт відносного накопичення біогенних елементів у листках рослин парків Дніпропетровська

Парк	Fe	Mn	Zn	Cu
	Липа широколиста			
Ю. Гагаріна	1,21	1,11	0,97	1,14
Л. Глоби	1,53	1,42	1,38	1,36
В. Дубініна	1,14	1,18	1,07	1,18
М.І. Калініна	2,32	1,45	1,42	1,48
Молодіжний	2,00	1,66	1,45	1,39
Севастопольський	1,20	1,09	1,18	1,24
Б. Хмельницького	1,16	1,24	1,27	1,29
Т.Г. Шевченка	1,91	1,27	1,30	1,23
	Клен гостролистий			
Ю. Гагаріна	1,14	1,17	1,14	1,17
Л. Глоби	2,10	1,32	1,31	1,80
В. Дубініна	1,11	0,98	1,08	1,22
М.І. Калініна	2,15	1,70	1,32	1,44
Молодіжний	2,05	1,55	1,40	1,34
Севастопольський	1,20	1,15	1,16	1,12
Б. Хмельницького	1,15	1,21	1,29	1,30
Т.Г. Шевченка	1,80	1,25	1,24	1,23
	Біота східна			
Ю. Гагаріна	1,10	0,95	1,24	1,15
Л. Глоби	1,61	1,37	1,31	1,38
В. Дубініна	1,12	1,10	1,08	1,11
М.І. Калініна	2,96	1,61	1,40	1,62
Молодіжний	2,47	1,53	1,45	1,50
Севастопольський	1,22	1,17	1,20	1,23
Б. Хмельницького	1,18	1,22	1,22	1,44
Т.Г. Шевченка	2,12	1,20	1,31	1,37

Відношення вмісту заліза і марганцю є важливим фізіологічним показником. Для нормальної життєдіяльності рослин має бути певне співвідношення між цими елементами. Вважають, що за нестачі марганцю вже невеликі кількості закисного заліза можуть бути токсичними [10, 26, 36]. За надлишку марганцю залізо іммобілізується в тканинах рослин у формі окисного органо-фосфорного заліза, внаслідок чого з'являються симптоми його нестачі [10]. Інші дослідники вказують на те, що нестача марганцю створює умови для прояву конкурентних взаємовідносин між  $Mn^{2+}$  та  $Fe^{3+}$ , тим більше,  $Fe^{2+}$  активних центрів ферментних систем рослин [27].

Таблиця 3

Відношення Fe/Mn у листках деревних рослин парків Дніпропетровська

Парки	Липа широколиста	Клен гостролистий	Біота східна
с. Орловщина	2,47±0,09	2,50±0,08	2,23±0,07
Ю. Гагаріна	*2,69±0,07	*2,44±0,12	*2,05±0,09
Л. Глоби	*2,65±0,12	3,20±0,14	*2,40±0,06
В. Дубініна	*2,38±0,14	2,86±0,08	1,80±0,06
М.І. Калініна	3,92±0,13	3,16±0,13	3,26±0,13
Молодіжний	2,96±0,12	3,30±0,11	2,86±0,12
Севастопольський	*2,71±0,13	*2,61±0,12	1,85±0,08
Б. Хмельницького	*2,30±0,09	*2,39±0,10	1,71±0,07
Т.Г. Шевченка	2,92±0,10	3,44±0,14	3,12±0,12

**Примітка:** \*різниця між контрольним і дослідним варіантами статистично недостовірна на 95%-вому рівні ймовірності.

Відношення Mn/Fe у листках всіх досліджуваних видів дерев збільшується у парках ім. М.І. Калініна, Молодіжному та ім. Т.Г. Шевченка стосовно рослин замського парку. Це свідчить про більш інтенсивне поглинання за цих умов заліза, порівняно з марганцем. У цілому рівень відхилення відношення Fe/Mn стосовно контролю не може призвести до значних змін у процесах життєдіяльності рослин у досліджуваних парках. В інших парках цей показник статистично не відрізняється від значень контрольного варіанта, або трохи знижується.

Накопичення цинку в листках досліджуваних рослин парків ім. В. Дубініна та Ю. Гагаріна статистично не відрізняється від контролю (за винятком біоти східної у парку ім. Ю. Гагаріна), в інших – він вищий (табл. 1). Найбільший вміст цього елемента виявлено в листках дерев парків ім. М.І. Калініна, Молодіжному та Л. Глоби (табл. 2). Така ж закономірність характерна і для накопичення міді, відмінність лише в тому, що кількість цього елемента достовірно вища в листках дослідних рослин у всіх парках порівняно з фоновими показниками.

Зіставлення рівня накопичення біогенних елементів у листках липи широколистої, клена гостролистого та біоти східної з їхніми верхніми критичними концентраціями свідчить, що вміст жодного з них не перевищує ці показники [1, 33–35].

Такі елементи як Ni, Pb, Cd і Cr – найбільш небезпечні токсиканти. Pb, Cd і Cr належать до 1-го класу небезпеки, Ni – до 2-го. Їхній вміст у листках рослин міських парків вищий, ніж фонові значення (табл. 4). Слід відмітити, що найсуттєвіше накопичення цих елементів, порівняно з контролем, встановлено в листках рослин у парках ім. М.І. Калініна, Молодіжному, Л. Глоби, а Cr, Ni і Cd – також і у парку ім. Т.Г. Шевченка (табл. 5).

Із важких металів, що визначалися, у найбільшому ступені порівняно з фоновими показниками зростає вміст свинцю. Коефіцієнт відносного його накопичення варіює в листках липи широколистої від 2,20 до 6,86, клена гостролистого – від 1,77 до 7,31, біоти східної – від 3,75 до 9,64. Високий рівень цього важкого металу в листках міських насаджень відмічають Є.Н. Кондратюк зі співавт. [16], Ф.М. Левон [20], М.В. Ларіонов і Н.В. Ларіонов [21], Т.М. Алексеева [2] та ін. Слід зазначити, що у хвої біоти східної коефіцієнт накопичення Ni, Pb, Cd і Cr переважно вищий, ніж у листках липи широколистої та клена гостролистого.

Таблиця 4

Вміст Ni, Pb, Cd та Cr у листках деревних рослин парків Дніпропетровська,  
мг·кг<sup>-1</sup> абсолютно сухої маси

Парк	Ni	Pb	Cd	Cr
Липа широколиста				
с. Орловщина	6,11±0,20	1,30±0,05	1,02±0,03	4,20±0,19
Ю. Гагаріна	7,02±0,19	2,86±0,11	1,75±0,05	*4,70±0,15
Л. Глоби	8,85±0,20	7,73±0,25	1,96±0,04	5,63±0,18
В. Дубініна	*5,32±0,15	4,17±0,10	1,65±0,03	4,91±0,11
М.І. Калініна	10,50±0,33	8,92±0,33	2,05±0,09	10,29±0,48
Молодіжний	9,42±0,25	7,69±0,20	2,09±0,10	8,48±0,30
Севастопольський	7,63±0,18	3,57±0,12	1,71±0,02	5,08±0,20
Б. Хмельницького	7,51±0,16	4,05±0,13	1,68±0,04	5,50±0,12
Т.Г. Шевченка	8,31±0,20	3,00±0,10	1,48±0,03	5,96±0,20
Клен гостролистий				
с. Орловщина	5,64±0,20	1,12±0,04	0,80±0,03	4,66±0,20
Ю. Гагаріна	*6,32±0,22	1,98±0,08	1,16±0,04	*5,20±0,23
Л. Глоби	7,16±0,30	5,45±0,22	1,31±0,05	7,52±0,30
В. Дубініна	*5,75±0,19	2,93±0,10	1,08±0,04	*5,19±0,21
М.І. Калініна	9,24±0,30	8,18±0,39	1,56±0,06	9,94±0,33
Молодіжний	8,35±0,25	7,23±0,33	1,36±0,04	9,55±0,40
Севастопольський	6,59±0,20	3,05±0,13	1,24±0,06	*5,27±0,22
Б. Хмельницького	7,02±0,30	4,33±0,22	1,22±0,05	*5,30±0,20
Т.Г. Шевченка	8,00±0,25	3,26±0,20	1,29±0,05	6,56±0,30
Біота східна				
с. Орловщина	4,27±0,18	0,84±0,03	1,08±0,04	3,35±0,14
Ю. Гагаріна	*4,87±0,10	3,15±0,13	*1,28±0,05	4,20±0,16
Л. Глоби	7,64±0,30	5,78±0,20	2,10±0,07	6,30±0,25
В. Дубініна	5,04±0,16	3,06±0,11	1,34±0,05	4,11±0,18
М.І. Калініна	11,12±0,41	6,81±0,30	2,40±0,09	8,20±0,34
Молодіжний	9,15±0,33	7,15±0,28	2,11±0,07	7,31±0,32
Севастопольський	5,98±0,23	3,42±0,13	1,56±0,06	4,42±0,17
Б. Хмельницького	5,31±0,20	3,34±0,12	1,40±0,06	4,52±0,16
Т.Г. Шевченка	7,15±0,27	3,97±0,10	1,66±0,07	5,83±0,25

**Примітка:** \* різниця між контрольним і дослідним варіантами статистично недостовірна на 95%-вому рівні ймовірності.

Таблиця 5

Коефіцієнт відносного накопичення Ni, Pb, Cd, Cr у листках  
деревних рослин парків Дніпропетровська

Парки	Ni	Pb	Cd	Cr
	Липа широколиста			
Ю. Гагаріна	1,15	2,20	1,71	1,12
Л. Глоби	1,45	5,95	1,92	1,34
В. Дубініна	0,87	3,21	1,65	1,17
М.І. Калініна	1,72	6,86	2,00	2,45
Молодіжний	1,54	5,92	2,05	2,19
Севастопольський	1,25	2,75	1,67	1,20
Б. Хмельницького	1,23	3,15	1,65	1,31
Т.Г. Шевченка	1,36	2,31	1,45	1,42
	Клен гостролистий			
Ю. Гагаріна	1,12	1,77	1,45	1,11
Л. Глоби	1,27	4,87	1,63	1,61
В. Дубініна	1,02	2,62	1,35	1,11
М.І. Калініна	1,64	7,31	1,95	2,13
Молодіжний	1,48	6,90	1,70	2,05
Севастопольський	1,17	2,72	1,55	1,13
Б. Хмельницького	1,24	3,87	1,59	1,14
Т.Г. Шевченка	1,42	2,91	1,61	1,41
	Біота східна			
Ю. Гагаріна	1,14	3,75	1,18	1,25
Л. Глоби	1,79	6,55	1,94	1,88
В. Дубініна	1,18	9,64	1,24	1,22
М.І. Калініна	2,60	8,11	2,22	2,44
Молодіжний	2,14	8,51	1,95	2,18
Севастопольський	1,40	4,07	1,44	1,32
Б. Хмельницького	1,24	3,98	1,29	1,35
Т.Г. Шевченка	1,76	4,72	1,53	1,74

Таким чином, з отриманих результатів випливає, що накопичення практично всіх досліджуваних металів вище в листках рослин парків ім. М.І. Калініна, Молодіжному, потім Л. Глоби і Т.Г. Шевченка. Перші два парки перебувають у сфері дії викидів Західного промислового комплексу, який включає такі підприємства як металургійний комбінат із повним виробничим циклом, трубопрокатний, машинобудівний, електровозобудівний, металоконструкцій, металохімічний, комбайновий, приладобудівний та ін. заводи. Головним джерелом забруднення важкими металами ґрунтів і повітря є підприємства чорної, металообробної та коксохімічної промисловості. Парк ім. М.І. Калініна лежить на відстані від цього промислового комплексу лише 2,3 км, а Молодіжний – 2,8 км. Головним джерелом пилу, який містить важкі метали, є доменне, агломераційне та мартенівське виробництво.

При виробництві заліза, сталі й феросплавів спостерігаються високі коефіцієнти емісії Mn, Zn, Cr, значно менші Cu і Cd. Агломераційні установки забруднюють повітря оксидами заліза, цинку й інших важких металів. Найвища частка оксидів заліза [4, 11, 37]. Джерелом марганцю є прокатне виробництво, а також промислові відвали доменного і сталеплавильного виробництва [30]. Поряд із парками ім. М.І. Калініна та Молодіжним пролягають автошляхи з інтенсивним автомобільним рухом, що є також джерелом забруднення Pb, Cd, Cr, Zn тощо. Інтенсивність автомобільного руху по цих вулицях становить 2600–4000 авто/год. [28].

Парк ім. Л. Глоби, який займає третє місце за рівнем накопичення важких металів у листках деревних рослин, розташований у нижній частині просп. Карла Маркса. Парк межує з автошляхом, де інтенсивність автомобільного руху становить 4000 авто/год. Відстань парку від Західного промвузла – 4,5 км. Це визначає характер забруднення атмосферного повітря і ґрунту. Необхідно взяти до уваги, що на території Дніпропетровська (як у великих промислових містах) різниця температури між околицею і центром міста сягає 1–2°C.



Це викликає втягування повітря з околиць до центру зі швидкістю 2–3 м/с, особливо у понижені місця. Ця обставина, а також висотна забудова запобігають розсіюванню забруднювачів [6] і тому в пониженій частині міста спостерігається високий рівень забруднення.

Четверте місце за збільшенням вмісту важких металів у листках рослин порівняно з контролем займає парк ім. Т.Г. Шевченка. Навскіс через р. Дніпро розміщена Східна промислова група підприємств (Придніпровська теплоелектростанція, Рибальський гранітний кар'єр). Придніпровська ТЕС є могутнім забруднювачем повітря м. Дніпропетровська. У викидах теплоелектростанцій, які працюють на вугіллі, наявні свинець, кадмій, цинк, нікель, мідь та ін. [15]. Між парком і промисловими об'єктами немає висотних споруд, які могли би нівелювати високий рівень забруднення аеротоксикантами. Перешкодою є лише р. Дніпро. Димовий факел найчастіше спрямований уздовж р. Дніпро, тобто в напрямку парку. Можливо цим пояснюється те, що атмосферне забруднення деякими важкими металами у районі парку ім. Т. Г. Шевченка не поступається за рівнем району пр. Петровського, що перебуває під впливом комплексу заводів Західного промвузла, а за кількістю деяких металів – навіть перевищує [12]. З іншого боку, викиди зі значним вмістом важких металів розповсюджуються також з Північно-східного промислового вузла (трубопрокатний завод ім. К. Лібкнехта, завод важких паперовиробничих машин ім. Артема, стрілочний завод).

Менший вплив підприємства Східної промислової зони спричиняють на насадження Севастопольського парку, оскільки парк частково відокремлений приватним сектором і багатопверховими будівлями житлового масиву «Перемога 1–6» та розміщений на значній відстані від р. Дніпро.

Парки ім. Ю. Гагаріна та Б. Хмельницького знаходяться поблизу пр. Гагаріна і вул. Героїв Сталінграда, відповідно, з дуже інтенсивним рухом автотранспорту (2600–3400 авто/годину). Парки ім. Ю. Гагаріна та ім. В. Дубініна віддалені від крупних промислових зон (близько 10 км), а парк ім. Б. Хмельницького лежить на відстані 6 км від Південного промислового вузла (Дніпрошина, Дніпропрес, Полімермаш, Південний машинобудівний завод, Дніпропетровський машинобудівний завод) [24].

Таким чином, у листках деревних рослин парків міста кількість важких металів переважно вища, ніж фонові показники (парк у с. Орловщина). Найбільшою мірою це перевищення стосується таких біогенних металів як залізо, марганець і таких металів як свинець, кадмій. Статистично достовірних перевищень не виявлено для таких металів як Mn, Zn, Ni та Cr у листках дерев парків ім. Ю. Гагаріна, ім. В. Дубініна та Севастопольському. За шкалою Ю.В. Алексєєва [1], кількість Fe, Mn, Cu і Zn у листках деревних рослин усіх досліджуваних парків не перевищують верхніх критичних концентрацій для рослин, це ж стосується і таких елементів як Ni, Cd, Pb і Cr. Проте за шкалою Х. Чапмена [33] та Д.Е. Бекер, Л. Чесин [32], кількість Ni, Cd і Cr перевищує встановлену норму в листках рослин, особливо парків ім. М.І. Калініна, Л. Глоби та Молодіжного. Але загалом такі концентрації металів, незважаючи на більш високі показники порівняно з фоном, не є токсичними для рослин. Проте при підвищенні концентрації одночасно кількох елементів може проявлятися синергічна дія, що негативно впливає на рослини [1, 31].

У подальшому важливо проаналізувати накопичення в листках таких промислових токсикантів як сірка, хлор, фенол, які є інгредієнтами викидів деяких підприємств і містяться в атмосферному повітрі м. Дніпропетровська у підвищених кількостях.

1. Вміст важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr) у листках липи широколистої, клена гостролистого й у хвої біоти східної, що ростуть у парках м. Дніпропетровська, переважно більший, ніж у заміському парку (відносно чиста зона).

2. Накопичення всіх досліджуваних металів найвище у листках рослин парків ім. М.І. Калініна та Молодіжному, які розташовані у заводських зонах. Значно менша кількість металів накопичується в органах асиміляції рослин у районах житлових забудов, віддалених від промислових комплексів.
3. Накопичення біогенних елементів (Fe, Mn, Zn, Cu) не перевищує верхні критичні рівні їхнього вмісту в рослинах, тоді як кількість таких металів як Ni, Cd, Cr, за шкалами деяких авторів, перевищує їх, що може викликати токсичний ефект, особливо за сумісної дії.
4. Рівень накопичення важких металів опосередковано свідчить про ступінь забруднення ними територій парків і може бути індикатором оцінки стану навколишнього середовища у зонах відпочинку.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексеев Ю. В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. Ленинград. отделение, 1987. 142 с.
2. *Алексеева Т. М.* Біоіндикація як метод екологічної оцінки стану природного навколишнього середовища // Вісн. КрНУ ім. М. Остроградського. 2014. Вип. 2(85). С. 166–171.
3. *Анісімова Л. Б.* Особливості біогенної міграції марганцю, заліза, нікелю, міді, цинку і свинцю у білоакацієвих (*Robinia pseudoacacia* L.) культур в біогеоценозах степового Придніпров'я: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2006. 20 с.
4. *Астахов А. С.* Проблемы взаимодействия промышленного производства и природной среды. М.: Изд-во АН СССР, 1978. 112 с.
5. *Башмаков Д. И., Лукатин А. С.* Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания // Агрехимия. 2002. № 9. С. 66–71.
6. *Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В.* Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 251 с.
7. *Бессонова В. П., Зайцева І. А.* Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження // Питання біоіндикції та екології. Запоріжжя: ЗДУ, 2008. Вип. 13. № 2. С. 62–77.
8. *Бессонова В. П.* Вплив важких металів на фотосинтез. Запоріжжя: Юлік-ЛТД, 2006. 208 с.
9. *Бессонова В. П.* Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений: монография. Запорожье: ЗГУ, 1999. 208 с.
10. *Власюк П. А., Климовицкая З. М.* Физиологическое значение марганца для роста и развития растений. М.: Колос, 1969. 126 с.
11. *Гриндфилд С. Н., Аткинс П. Р., Герсте Р. В.* та ін. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: справочник. М.: Металлургия, 1988. 812 с.
12. *Грицан Н. П.* Оценка состояния и уровня загрязнения тяжелыми металлами фитоценозов города Днепропетровск. Днепропетровск: РИО ДНУ, 1992. 66 с.
13. *Гришко В. М., Сициков Д. В., Піскова О. М.* та ін. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. Донецьк: Донбас, 2012. 303 с.
14. *Гуральчук Ж. З.* Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. К.: Логос, 2006. 208 с.
15. *Кизельштейн Л. Я., Годен Г. И., Перетяцько А. Г.* Тяжелые металлы в почвах и растениях района ТЕС, работающей на угле // Биогеохимическая индикация окружающей среды: материалы конф. Л.: ЛГУ, 1988. С. 25–26.
16. *Кондратьев Е. Н., Тарабрин В. В., Бакланов В. И.* и др. Промышленная ботаника. К.: Наукова думка, 1980. 260 с.



17. *Коротеева Е. В., Веселкин Д. В., Куянцева Н. Б.* и др. Накопление тяжелых металлов в разных органах березы повислой возле Карабашевского медеплавильного комбината // *Агрехимия*. 2015. № 3. С. 88–96.
18. *Кучерявий В. П.* Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2008. 456 с.
19. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
20. *Левон Ф. М.* Зелені насадження в антропогенно трансформованому середовищі. К.: ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2008. 364 с.
21. *Ларионов М. В., Ларионов Н. В.* Динамика сезонного накопления свинца в листьях древесных растений в городской среде // *Вестн. ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация*. 2015. № 2. С. 51–54.
22. *Масленников П. В., Дедков В. П., Куркина М. В.* и др. Аккумуляция металлов в растениях урбоэкосистем // *Вестн. Балтийского федерального ун-та им. И. Канта*. 2015. Вып. 7. С. 57–69.
23. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под ред. Н.Т. Зырина и С.Г. Малахова. М.: Гидрометеиздат, 1981. 108 с.
24. *Павлов В. А., Переметчик Н. Н., Шевченко Б. Е.* Экологический паспорт города Днепропетровска. Днепропетровск: Изд.-полиграф. предприятие «АрБ», 1999. 109 с.
25. *Пьянников В. Т.* Некоторые особенности поступления веществ в листья при внекорневом поглощении // *Сб. работ по селекции и агротехнике плодовых и ягодных культур*. Россошанск: Плодово-ягодная опытная станция, 1975. Т. 4. С. 180–187.
26. *Ринкис Г. Я.* Макро- и микроэлементы в минеральном питании растений // *Основы оптимизации минерального питания растений*. Рига: Зинатне, 1972. С. 29–83.
27. *Рубин В. А., Чернавина И. А., Карташева В. К.* Некоторые особенности обмена при Fe-Мп-хлорозе // *Физиология растений*. 1962. Т. 9. № 6. С. 48–53.
28. *Сердюк С. М., Доценко Л. В., Сібуль Т. В.* Наукове обґрунтування фітомеліораційних заходів в умовах високого автотранспортного навантаження // *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2007. Вип. 11 (36). С. 192–200.
29. *Славин В.* Атомно-абсорбционная спектроскопия. Л.: Химия, 1971. 295 с.
30. *Тютюник Ю. Г., Горлицький Б. А.* Факторный анализ геохимических особенностей почв городов Украины // *Почвоведение*. 1998. № 1. С. 100–109.
31. *Якубов Х. Г.* Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве. М.: ООО «Стагирит-Н», 2005. 264 с.
32. *Baker D. E., Chesin L.* Chemical monitoring of soil of environmental analytic and animal and human health // *Advances in Agronomy*. 1975. Vol. 27. P. 306–360.
33. *Chapman H. D.* Diagnostics Criteria for Plants and Soil. University of California, Riverside, Calif. 1972. 793 p.
34. *Cottenie A., Dhaese A., Comerlynck R.* Plant quality response to the uptake of polluting elements // *Qual. Plant*. 1976. Vol. 26. N 1–3. P. 293–319.
35. *Davis R. D., Beckett P. H. T.* Upper critical levels of toxic elements in plants. II. Critical levels of copper in young barley, wheat, rape, lettuce and ryegrass and of nickel and zink in young barley and ryegrass // *New Phytol*. 1978. N 1. P. 23–32.
36. *Foy C. D., Cheney R. L., White M. C.* The physiology of metal toxicity in plants // *Ann. Rev. Plant Physiol*. 1978. Vol. 29. N 4. P. 511–566.
37. *Расуна J.* Trace elements emission from anthropogenic source in Europe // *Technical Report N 10/82*. The Norwegian Institute for Air Research Lillstrom. 1982. 21 p.

38. Roberts T. M. Review of some biological effect of lead emission form primary and secondary smelters // Conf. on heavy metal. Toronto. October, 27. 1975. P. 503.
39. Russo F., Brennan E. Phytotoxicity and distribution of cadmium in Pin Oak seedlings determined by mode of entry // Fares Sci. 1979. 25. P. 328–332.

Стаття: надійшла до редакції 02.06.15

доопрацьована 01.02.16

прийнята до друку 26.02.16

## CONTENT OF HEAVY METALS IN LEAVES OF WOODY PLANTS PARKS OF DNIPROPETROVSK

O. Ivanchenko<sup>1</sup>, V. Bessonova<sup>1</sup>, N.V. Kapelyush<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*

*25, Voroshilov St., Dnipropetrovsk 49000, Ukraine*

<sup>2</sup>*Zaporizhzhya National University*

*62, Gogol St., Zaporizhzhya 69000, Ukraine*

*e-mail: kapel6532@i.ua*

The content of heavy metals in leaves of woody plants parks Dnipropetrovsk, located at different distances from pollution sources. The number of these elements (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr) in the assimilation organs *Tilia platyphyllos* Scop., *Acer platanoides* L. and needles *Thuja orientalis* L., growing in the parks of the city, mostly more than park of Orlovschina village (relatively clean zone). The concentration of all studied metals, the highest in the leaves of trees in the park named M.I. Kalinin and Molodizhnyj who are in the scope of the emissions of the industrial enterprises. Significantly fewer metal accumulates in the assimilation organs of plants in areas of residential buildings, far from the industrial complexes. The ratio of Mn/Fe in the leaves of the plant facilities in parks increases named M.I. Kalinin, Molodizhnyj and T.G. Shevchenko relatively plants were used as controls. In other parks, this figure is not statistically different from the control group of values, or more reduced. Concentration biogenic metals does not exceed the upper critical levels of accumulation in plants, while the amount of metals like Ni, Cd, Cr on the scale exceeds some researchers that can cause toxic effects, particularly when combined action. The level of accumulation of heavy metals indirect evidence of the degree of contamination of parkland and can be used as an indicator of the environmental assessment in recreational areas.

*Keywords:* Dnipropetrovsk, parks, industry, leaves, heavy metals, the ratio of Fe/Mn.

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПАРКОВ Г. ДНЕПРОПЕТРОВСКА****О. Иванченко<sup>1</sup>, В. Бессонова<sup>1</sup>, Н. Капелюш<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет  
ул. Ворошилова, 25, Днепропетровск 49000, Украина*<sup>2</sup>*Запорожский национальный университет  
ул. Гоголя, 62, Запорожье 69000, Украина  
e-mail: kapel6532@i.ua*

Исследовано содержание тяжелых металлов в листьях древесных растений парков г. Днепропетровска, расположенных на разном удалении от источников загрязнения. Количество этих элементов (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr) в ассимиляционных органах *Tilia platyphyllos* Scop., *Acer platanoides* L. и в хвое *Thuja orientalis* L., произрастающих в парках города, преимущественно больше, чем в парке с. Орловщина (относительно чистая зона). Концентрация всех исследуемых металлов наиболее высокая в листьях деревьев парков им. М.И. Калинина и Молодежном, которые находятся в сфере действия эмиссий промышленных предприятий. Существенно меньшее количество металлов накапливается в ассимиляционных органах растений в районах жилых застроек, удаленных от промышленных комплексов. Соотношение Mn/Fe в листьях всех растительных объектов увеличивается в парках им. М.И. Калинина, Молодежном и Т.Г. Шевченко относительно растений, которые использовались в качестве контроля. В других парках этот показатель статистически не отличается от значений контрольного варианта или несколько снижается. Концентрация биогенных металлов не выше верхних критических уровней их накопления в растениях, в то время как количество таких металлов как Ni, Cd, Cr по шкалам некоторых исследователей превышает их, что может вызвать токсический эффект, особенно при одновременном воздействии. Уровень накопления тяжелых металлов косвенно свидетельствует о степени загрязнения ими парковых территорий и может быть использован в качестве индикатора оценки состояния окружающей среды в рекреационных зонах.

*Ключевые слова:* г. Днепропетровск, парки, промышленность, листья, тяжелые металлы, отношение Fe/Mn.