

БІОГЕОХІМІЯ Cu, Zn, Cd, Mn, Fe, Co В ЗЕЛЕНИХ ЗОНАХ МІСТА МЕЛІТОПОЛЯ (ЗАПОРІЗЬКА ОБЛАСТЬ, УКРАЇНА)

К. Дядькова¹, Н. Романюк², В. Козловський³

¹Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
вул. Леніна, 20, Мелітополь 72300, Україна

²Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: biofr@franko.lviv.ua

³Інститут екології Карпат НАН України
вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна

Абсолютні концентрації хімічних елементів у ґрунтах зелених зон м. Мелітополя не перевищують кларкових значень. Розподіл елементів у ґрунтового профілі свідчить про існування геохімічних бар'єрів у верхній та в середній частині ґрунтового розрізу, де в гумусовому й ілювіальному горизонтах існують умови для накопичення досліджених елементів. Вміст Zn, Pb, Cu для більшості рослин є близьким, Fe, Mn, Co – нижчим, Cd – у межах від середніх значень до значень у кілька разів вищих за кларкові. Інтенсивність біотичного поглинання Fe, Mn більшістю рослин у кілька разів вища за середні показники для рослинності суші; аналогічні значення для Cu та Cd перевищують кларкові значення на порядок величини і більше; інтенсивність поглинання Pb, Zn і Co відповідає середнім значенням.

Ключові слова: ґрунти, рослини, степова зона, важкі метали.

Проблема накопичення і трансформації важких металів (ВМ) у міському середовищі залишається актуальною впродовж уже кількох десятиліть [13]. Відповідно до численних досліджень, основною причиною підвищеної уваги до накопичення металів у містах є безпосередня загроза для здоров'я людей через забруднення ВМ повітря, води і ґрунтів. Не позбавлене техногенного впливу і місто Мелітополь [8]. Однак, окрім вивчення стану забруднення урбоєкосистем у зв'язку з можливим впливом на здоров'я населення, доцільним є вивчення процесів трансформації хімічних елементів у природних рослинних угрупованнях, що лежать у межах міста або в безпосередній близькості до нього. Маючи значно вищу буферність до забруднення, ніж часто позбавлені рослинності міські вулиці, де також існує значно сильніший вплив випадкових факторів, зелені зони міста можуть бути об'єктом екологічного моніторингу. У такому разі виникає ймовірність довгострокового прогнозу забруднення, його поширення і наслідків у тривалій перспективі.

Метою роботи було оцінити рівні та особливості нагромадження й трансформації важких металів у паркових зонах м. Мелітополя та лісових насадженнях приміських територій.

Матеріали та методи

Об'єкти досліджень – паркові зони міста Мелітополя (парк ім. Горького, заснований у 1926 р.; Садстанція, Лісопарк) та лісові насадження приміських територій (Старобердянське лісництво, засноване у 1864 р.). Місто Мелітополь розташоване в межах Причорноморської низовини на правому березі річки Молочна. Схили долини ріки асиметричні. Правий

берег – стрімкий, високий, лівий – пологий, терасований. На лівобережжі добре помітні три надзаплавні тераси: перша (заплавна) заввишки від 3–4 до 10–12 м, друга (середня) – 8–12 м і завширшки від 100 м до 2 км, третя (верхня) тераса суцільною смугою тягнеться лівим берегом річкової долини, сягаючи ширини 3 км і більше. Старобердянське лісництво розташоване за 18 км на північний схід від Мелітополя між селами Новопилипівка і Вознесенка на лівому березі річки Молочна. Отже, всі досліджувані угруповання, які розташовані в межах міста, лежать на правому березі, а лісостани Старобердянського лісництва – на лівому.

Відповідно до геоботанічного [5] й агрохімічного районування [2] України, територія дослідження лежить у Каховсько-Молочансько-Бердянському геоботанічному окрузі типчакково-ковилових степів та подових лук степової зони в причорноморській провінції сухостепової зони темно-каштанових і каштанових ґрунтів. У формуванні ґрунтового покриву м. Мелітополя та приміських територій, окрім природних умов степової зони, важливу роль відіграє р. Молочна, завдяки якій тут сформувалися характерні для заплавних територій типи ґрунтів різного механічного складу – від супісків до важких суглинків. Крім цього, важливим фактором процесів ґрунтоутворення території дослідження є тривалий вплив лісових насаджень [3].

Відібрані за генетичними горизонтами зразки ґрунту висушували за кімнатної температури й аналізували просіяний через сито дрібнозем (фракція < 1.0 мм). Актуальну кислотність (рН) визначали потенціометрично у водній витяжці (співвідношення ґрунт : розчин – 1 : 2,5), гумус – за Тюрнімом зі спектрофотометричним завершенням [11]. Підготовку ґрунтових зразків до аналізу на валовий вміст важких металів здійснювали обробкою попередньо спаленої за 450°C проби ґрунту сумішшю HCl:HNO₃ (3:1) [10].

Вміст ВМ у рослинах визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі C115M1 у пропан-бутановому полум'ї з використанням дейтерієвого коректора неселективної абсорбції. Середню пробу утворювали, залежно від маси особин, із 3–5 – 10–15 рослин, відібраних на площі 100–200 м². Проби повітряно-сухого рослинного матеріалу озолювали за температури 450°C. Одержану золу розчиняли HNO₃ (1:1) [10]. Визначення проводили у трьох повторностях. Відносна похибка за Р=95% не перевищувала 7%.

Результати і їхнє обговорення

Диференціація хімічних елементів у ґрунтах степової зони визначається пануванням окислювальної нейтральної та лужної геохімічної обстановки, ослабленим або відсутнім промивним режимом ґрунтового профілю і збільшенням ролі концентрації елементів на випарювальному бар'єрі. Як наслідок, відбувається зниження інтенсивності водної міграції більшості катіоногенних елементів, слабо рухомих у нейтральному та лужному середовищах, що разом із високим вмістом органічної речовини створює умови для концентрування хімічних елементів, насамперед, у верхніх горизонтах ґрунтового розрізу. У степовій зоні важливим чинником формування ґрунтового профілю є лесиваж, у результаті якого відбувається переміщення з верхніх у нижні горизонти мулистих фракцій, збагачених органічною речовиною та залізом, що разом із наявністю карбонатних горизонтів є передумовою для формування геохімічного бар'єру всередині ґрунтового профілю.

Отже, характер розподілу мікро- та макроелементів у ґрунтах досліджених угруповань визначається механічним складом, вмістом органічної речовини, окисно-відновними умовами, кислотністю, лесиважем і водним режимом. Дія цих чинників створює умови для геохімічної диференціації елементів у ґрунтовому профілі, про що свідчать коефіцієнти радіальної диференціації (Крд = вміст елемента у ґрунтовому горизонті / вміст у материнській породі), розраховані на основі отриманих даних (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст хімічних елементів (мкг/г) у ґрунтах зелених зон
м. Мелітополя (Запорізька обл.), жовтень 2010 р.

Ґрунтовий горизонт і його потужність, см	pH (H ₂ O)	C орг, %	Zn	Cd	Fe	Mn	Pb	Cu	Co	
Парк ім. Горького, насадження акації, ґрунт лучний супіщаний										
1.5–0.5	H0L	–	–	18.7	0.02	212.5	148.9	3.7	2.2	0.7
0.5–0	H0F	–	–	22.5	0.14	483.6	104.7	20.2	1.3	1.7
0–20	H	7.60	0.85	4.3	0.11	225.2	45.3	4.1	0.3	1.6
20–30	Hpk	7.70	0.70	4.6	0.04	303.8	38.8	3.7	0.5	1.5
30–50		7.77	0.69	6.4	0.03	408.6	46.6	3.5	0.5	1.6
50–60		7.80	0.62	6.4	0.03	445.2	43.1	3.5	0.6	1.9
60–80		7.85	0.58	5.0	0.03	340.5	36.7	3.3	0.6	1.6
80–90	Phk	7.97	0.49	4.1	0.03	261.9	31.1	2.9	0.3	1.1
Садстанція, насадження каркаса західного, ґрунт дерновий супіщаний										
2–0.5	H0L	–	–	20.4	0.13	142.6	162.8	1.8	2.1	0.1
0.5–0	H0F	–	–	34.2	0.17	372.4	124.6	6.4	3.4	1.1
0–15	H	7.41	4.15	16.0	0.10	356.2	105.7	7.3	2.3	1.3
15–25	Hpe	7.23	0.52	3.7	0.03	209.5	30.2	3.1	0.3	1.0
25–55	Phe	6.95	0.14	1.8	0.03	209.5	17.3	1.8	0.1	0.6
55–70	Phi	6.64	0.29	2.8	0.03	251.4	23.7	1.8	0.1	0.6
70–	P(h)	6.55	0.39	2.3	0.03	235.7	24.6	1.4	0.1	0.6
Лісопарк, насадження акації, ґрунт дерновий лесивований супіщаний										
1–0.5	H0L	–	–	26.9	0.15	87.2	68.5	2.5	1.6	0.6
0.5–0	H0F	–	–	47.8	0.22	444.6	97.0	9.3	3.3	1.1
0–10	H	6.62	1.48	8.7	0.07	330.0	42.3	2.9	0.9	1.6
10–27	E(L)	6.27	0.31	2.8	0.01	330.0	25.9	1.4	0.4	1.0
27–80	Ih	6.46	0.39	2.8	0.01	277.6	23.7	3.9	0.4	1.0
80–95	Pi	6.51	0.18	2.7	0.01	330.0	17.3	2.4	0.2	0.8
95–	P	6.60	0.17	2.8	0.01	261.9	15.1	2.2	0.1	0.8
Старо-Бердянське лісництво, квартал 60, дубняк, ґрунт темно-каштановий суглинковий										
2–0.5	H0L	–	–	20.7	0.07	191.0	271.0	1.5	2.0	0.6
0.5–0	H0F	–	–	26.7	0.22	629.7	289.9	4.9	2.1	2.8
0–1	He	6.60	5.62	19.2	0.11	890.5	211.4	6.9	2.5	4.0
1–10			3.25	11.5	0.03	471.4	116.5	6.9	1.1	3.2
10–20			1.48	8.7	0.03	654.8	86.3	5.3	0.7	3.0
20–35	Hpi	6.55	1.14	10.1	0.06	1021.4	82.0	4.3	1.0	2.8
35–60			6.37	0.83	5.0	0.03	523.8	60.4	3.5	0.5
60–70	Phi	6.56	0.64	6.9	0.03	775.2	53.9	4.7	0.7	2.1
90–	P(h)k	7.40	0.47	5.5	0.03	576.2	45.3	2.4	0.3	1.9
Старо-Бердянське лісництво, квартал 10, дубняк, ґрунт лучно-чорноземний поверхнево оглешений важкосуглинковий										
2–0.5	H0L	–	–	35.4	0.02	31.9	99.0	1.4	2.4	0.1
0.5–0	H0F	–	–	47.3	0.19	342.4	189.1	4.0	3.8	0.6
0–2	H(gl)	6.98	2.61	10.5	0.08	560.5	120.8	6.3	1.6	3.7
2–20			7.12	1.76	8.7	0.04	665.2	107.8	6.3	1.2
20–40	Hr	7.46	1.78	13.3	0.06	1047.6	118.6	6.1	1.3	3.5
40–50			8.12	1.32	13.8	0.06	1257.1	88.4	6.9	1.1
50–75	Phk	8.10	0.69	11.0	0.04	1204.8	92.7	6.9	1.8	3.2
90–95			8.10	0.59	8.2	0.04	550.0	73.3	5.9	1.1
Старо-Бердянське лісництво, квартал 18, сосняк, ґрунт темно-каштановий супіщаний										
2–0.5	H0L	–	–	9.6	0.02	52.9	76.6	1.4	1.5	0.1
0.5–0	H0F	–	–	17.4	0.16	257.2	97.2	3.3	1.9	1.1
0–2	Hed	6.46	3.69	7.2	0.06	471.4	64.7	3.3	1.0	1.6
2–22	H(i)	7.11	0.84	3.2	0.03	288.1	32.4	2.0	0.3	1.2
22–42	Hpi	7.18	0.39	5.5	0.04	628.6	34.5	2.9	0.7	1.4
42–90	Phi	7.38	0.26	4.3	0.04	550.0	30.2	2.9	0.5	1.0
90–	P(h)	7.43	0.16	3.7	0.04	392.9	23.7	2.9	0.3	1.1
Кларки за Виноградовим (1962)										
Кларк у ґрунтах			50	0.50	38000	850	10	20	8	
Кларк літосфери			83	0.13	46500	1000	16	47	18	

У верхній, переважно незначній за потужністю, але з високим вмістом органічної речовини частині гумусового горизонту, порівняно з материнською породою, накопичуються всі досліджувані елементи (Zn Крд = 1.3–6.9; Cu Крд = 1.5–23; Cd Крд = 1.5–3.7; Pb Крд = 1.1–5.2; Mn Крд = 1.7–4.7; Co Крд = 1.4–2.2; Fe Крд = 1.0–1.5). З глибиною, разом зі зменшенням вмісту органіки, знижується й інтенсивність накопичення хімічних елементів (Zn Крд = 0.9–3.1; Cu Крд = 1.0–9.0; Cd Крд = 0.8–7.0; Pb Крд = 0.7–2.9; Mn Крд = 1.2–2.8; Co Крд = 1.1–1.7; Fe Крд = 0.7–1.3).

Загалом, коефіцієнти радіальної диференціації в гумусовому горизонті, особливо у його верхній частині – достатньо високі. Беручи до уваги концентрації елементів у підстилці, можна припустити, що високі Крд мають, перш за все, біогенне походження. У середній частині ґрунтового профілю, через наявність карбонатів і внаслідок процесів лесиважу, формується геохімічний бар'єр в ілювіальному горизонті (Zn Крд = 1.0–1.6; Cu Крд = 1.0–2.3; Cd Крд = 1.0–1.5; Pb Крд = 1.0–1.7; Mn Крд = 1.0–1.5; Co Крд = 1.0–1.7; Fe Крд = 1.1–2.1).

Абсолютні концентрації досліджуваних елементів у гумусових горизонтах ґрунтів і материнських породах району досліджень суттєво нижчі від кларкових значень: вміст Cu – у 10–70, Pb – у 1.5–5, Zn – у 3–15, Co – у 2–6, Mn – у 10–20, Fe – у 50–150 разів і, відповідно, вміст Cd – у 3–15 рази нижчий за кларкові значення. Однак варто відзначити, що на сьогодні кларк Cd для ґрунтів потребує уточнення [1].

Вміст хімічних елементів у рослинах необхідно розглядати з урахуванням систематичного положення рослини та геохімічних особливостей ландшафту. Тому, порівнюючи вміст металів у рослинах зелених зон м. Мелітополя з кларковими значеннями, можна стверджувати, що лише концентрації Cd є дещо вищими від середніх. Вміст інших елементів для більшості рослин є близьким (Zn, Pb, Cu) або нижчим (Fe, Mn, Co) за кларкові значення (табл. 2).

Важливим показником в оцінці біогенної міграції елементів є коефіцієнт біотичного поглинання ($K_b = \frac{\text{вміст у золі рослини}}{\text{вміст у материнській породі ґрунту}}$) – величина прямо пропорційна до інтенсивності біотичного поглинання елементів [12]. Отримані коефіцієнти біотичного поглинання (табл. 2) порівнювали зі значеннями, розрахованими на основі даних про середній вміст елементів у рослинності суші й літосфері [1, 7, 12]. Загалом, порядки значень K_b досліджуваних елементів для рослинності суші, розраховані різними авторами, за винятком Cd, збігаються. За В. В. Добровольським [7], значення коефіцієнта біотичного поглинання для Cd принаймні на порядок перевищує аналогічну величину за А. И. Перельманом [12] та В. А. Алексеенком [1].

K_b мікроелементів для рослин території дослідження (розраховані щодо вмісту мікроелементів у материнській породі ґрунтів пробних площ) свідчать, що усі елементи накопичуються у ґрунті біогенним шляхом і коефіцієнти біотичного поглинання утворюють ряд: Cu, Zn, Cd /100n–10n > Mn, Pb /10n–n > Fe, Co /n–0,n. Порівнюючи значення K_b із кларковими, видно, що для більшості рослин, у т. ч. і видів-ефікаторів, роль яких у кругообігу хімічних елементів в екосистемах найвагоміша (дуб, сосна, каркас, клен), коефіцієнти біотичного поглинання, розраховані для Fe, Mn, є у кілька разів вищими за середні показники (табл. 2). Аналогічні значення для Cu та Cd перевищують кларкові значення на порядок величини і більше. Значення K_b для Pb, Zn і Co перебувають на рівні середніх значень. Серед видів-ефікаторів лише для акації білої інтенсивність біотичного поглинання досліджених елементів, за винятком Cd, є значно нижчою і перебуває на рівні середніх значень для рослинності суші. Отже, інтенсивність залучення досліджених елементів у біологічний кругообіг в лісових екосистемах м. Мелітополя та прилеглих територій є високою.

Таблиця 2

Вміст хімічних елементів (мкг/г сухої речовини) у надземній частині рослин зелених зон м. Мелітополя (Запорізька обл.), жовтень 2010 р.*

Назва рослини	Зольність, г/г	Zn	Cd	Fe	Mn	Pb	Cu	Co
Парк ім. Горького, насадження акації								
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (листки)	0.1158	0.3	0.05	0.2	4.8	0.6	0.1	≤ 0.2
<i>Acer platanoides</i> L. (листки)	0.1125	10.8	0.09	162.0	349.3	1.5	1.9	≤ 0.2
<i>Quercus robur</i> L. (листки)	0.1073	15.5	0.07	79.4	121.0	1.3	2.8	≤ 0.2
<i>Bromus squarrosus</i> L.	0.1038		0.39	3.9	7.1	2.1	9.1	≤ 0.2
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	0.1884	49.5	0.20	27.1	156.5	3.0	5.1	≤ 0.2
<i>Ballota ruderalis</i> Sw.	0.1520	25.7	0.05	20.8	34.7	1.4	6.4	≤ 0.2
<i>Chelidonium majus</i> L.	0.1344	20.9	0.16	44.4	11.3	1.3	4.3	≤ 0.2
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0.1366	31.1	0.08	113.0	19.1	2.1	3.6	≤ 0.2
<i>Geum urbanum</i> L.	0.0951	1.4	0.03	1.4	1.2	2.1	0.03	≤ 0.2
<i>Taraxacum officinale</i> Webb ex Wigg.	0.1649	19.0	0.02	19.4	19.6	2.1	3.5	≤ 0.2
<i>Asperugo procumbens</i> L.	0.1767	38.5	0.06	64.5	23.5	2.4	11.8	≤ 0.2
Садстанція, насадження каркаса західного								
<i>Celtis occidentalis</i> L. (листки)	0.1742	9.0	0.12	104.8	123.4	1.4	2.4	≤ 0.2
<i>Poa bulbosa</i> L.	0.0683	17.8	0.26	17.5	37.3	3.1	6.4	≤ 0.2
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski.	0.0855	6.2	0.08	90.4	12.5	2.2	1.2	≤ 0.2
<i>Taraxacum officinale</i> Webb ex Wigg.	0.2158	29.5	0.07	91.5	82.3	3.0	4.5	≤ 0.2
<i>Dactylis glomerata</i> L.	0.1290	10.4	0.04	117.4	56.4	1.8	9.5	≤ 0.2
<i>Sclerochloa dura</i> (L.) Beauv.	0.0990	9.7	0.04	21.0	21.2	1.0	1.3	≤ 0.2
<i>Asperugo procumbens</i> L.	0.2173	35.2	0.19	21.9	28.8	2.8	9.5	≤ 0.2
<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaud.	0.1145	39.0	0.13	26.5	28.1	2.2	9.0	≤ 0.2
Лісопарк, насадження акації								
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (листки)	0.1485	0.1	0.08	2.6	0.4	0.6	0.1	≤ 0.2
<i>Bromus squarrosus</i> L.	0.0543	20.2		42.9	12.4	1.6	6.1	≤ 0.2
<i>Ballota ruderalis</i> Saw.	0.0996	27.1		13.3	43.0	1.9	4.2	≤ 0.2
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	0.1378	14.0	0.07	1.2	6.0	1.3	1.7	≤ 0.2
<i>Galium aparine</i> L.	0.1321	19.8		3.8	16.2	3.3	6.8	≤ 0.2
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0.1345	44.3		11.7	41.0	2.6	9.0	≤ 0.2
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	0.1728	24.4	0.06	18.3	107.4	1.3	3.3	≤ 0.2
<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC.	0.1050	46.1		9.3	4.1	2.0	5.8	≤ 0.2
Старо-Бердянське лісництво, квартал 18, сосняк								
<i>Pinus sylvestris</i> L. (хвоя)	0.0260	8.6	0.08	27.3	40.0	0.7	1.5	≤ 0.2
<i>Bromus squarrosus</i> L.	0.0679	18.7	0.08	33.6	9.3	1.7	2.1	≤ 0.2
<i>Ballota ruderalis</i> Saw.	0.1324	4.9	0.09	2.6	0.6	2.3	0.5	≤ 0.2
<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaud.	0.0990	26.3	0.10	53.9	46.8	2.1	9.2	≤ 0.2
<i>Taraxacum officinale</i> Webb ex Wigg.	0.1480	27.0	0.36	8.2	23.2	2.7	6.1	≤ 0.2
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0.1163	23.5	0.05	104.1	24.2	2.0	6.8	≤ 0.2
<i>Galium aparine</i> L.	0.1416	43.2	0.09	66.4	19.4	2.6	15.4	≤ 0.2
Старо-Бердянське лісництво, квартал 60, дубняк								
<i>Quercus robur</i> L. (листки)	0.0674	10.6	0.06	25.1	140.4	0.6	2.2	≤ 0.2
<i>Celtis occidentalis</i> L. (листки)	0.2149	6.0	0.08	90.1	68.7	1.2	1.7	≤ 0.2
<i>Taraxacum officinale</i> Webb ex Wigg.	0.2014	52.9	0.12	117.5	14.3	1.6	6.6	≤ 0.2
<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaud.	0.0997	43.5	0.17	61.6	37.4	2.1	11.1	≤ 0.2
<i>Galium aparine</i> L.	0.1724	14.8	0.09	59.6	10.1	1.8	1.1	≤ 0.2
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0.1474	3.4	0.05	9.1	3.6	0.7	1.1	≤ 0.2
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski.	0.0692	33.4	0.17	65.3	94.8	2.4	6.4	≤ 0.2
<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) D.C.	0.1196	6.8	0.49	13.2	12.1	3.2	11.3	≤ 0.2
Старо-Бердянське лісництво, квартал 10, дубняк								
<i>Quercus robur</i> L. (листки)	0.0750	17.0	0.04	28.6	101.5	0.8	2.8	≤ 0.2
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	0.0940	7.1	0.05	35.4	11.4	1.2	1.5	≤ 0.2
<i>Galium aparine</i> L.	0.1727	13.8	0.02	11.1	16.8	3.4	5.9	≤ 0.2
Середній вміст у рослинності суші, мкг/г (Добровольський, 1997)								
-		30.0	0.035	200	205	1.25	8.0	0.5
Примітка. Значення коефіцієнта біотичного поглинання, позначені відтинками сірого кольору (Кб=[вміст у золі рослини] / [вміст у материнській породі ґрунту])								
<100	100-10	10-1	1.0-0.1	0.1-0.01	0.01-0.001			

Mn, Cu, Zn, Fe, Co – це елементи-органогени, які виконують важливі фізіологічні функції в живому організмі. Тому деякі відмінності Кб цих елементів у бік збільшення від кларкових величин у досліджених екосистемах є, перш за все, наслідком високої фізіологічної потреби рослин у цих елементах на фоні низьких концентрацій у ґрунтах. Фізіологічна роль Cd і Pb не доведена, ймовірно, для нормальної діяльності організмів необхідна мінімальна кількість цих елементів [9]. Ґрунтовірні породи території дослідження, порівняно з кларком літосфери, збіднені Pb, й незначно збагачені Cd. Отже, на тлі невисокого вмісту у ґрунті й низької фізіологічної потреби рослинних організмів у Cd та Pb встановлено, що коефіцієнти біотичного поглинання для Pb перебувають на верхній межі середніх величин, для Cd – на порядок і вище кларкових значень. Висока інтенсивність поглинання кадмію рослинами зумовлена тим, що Cd – це геохімічний аналог Zn і, відповідно, конкурент цинку під час поглинання рослинами [9].

Беручи до уваги значення коефіцієнтів біотичного поглинання, можна зробити висновок не лише про роль окремих видів рослин і рослинності загалом у кругообігу елементів в екосистемі, а й про здатність екосистеми до самоочищення – включаючись у біогеохімічний цикл, важкі метали фіксуються рослинністю на певний проміжок часу, потрапляють в опад і, після його розкладання, переходять у водорозчинні форми, здатні до виведення водними потоками за межі екосистеми [6]. Високі коефіцієнти біотичного поглинання свідчать про значний потенціал очищення лісових екосистем Мелітополя у разі забруднення важкими металами.

Абсолютні концентрації досліджуваних хімічних елементів у ґрунтах не перевищують кларкових значень.

Розподіл досліджених елементів у ґрунтових розрізах відбувається відповідно до розподілу в профілі продуктів ґрунтоутворення; у підстилці та в гумусовому горизонті основним чинником накопичення елементів є органічна речовина, а в ілювіальному горизонті – карбонати і мулисті частинки, які разом зі сорбованими на них металами внаслідок лесиважу збагачують середню частину ґрунтового профілю.

Суттєвої різниці у рівнях накопичення досліджених хімічних елементів у ґрунтах міської і приміської зони не виявлено, що свідчить про відсутність значного забруднення ґрунтів зелених зон м. Мелітополя Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, Fe, Co.

Вміст хімічних елементів, за винятком Cd, для більшості рослин є близьким (Zn, Pb, Cu) або нижчим (Fe, Mn, Co) за кларкові значення; концентрація Cd перебуває в межах від середніх значень до значень у кілька разів вищих за кларкові.

Значення інтенсивності біотичного поглинання Fe, Mn більшістю рослин є у кілька разів вищими за середні показники; аналогічні значення для Cu та Cd перевищують кларкові значення на порядок величини і більше; інтенсивність поглинання Pb, Zn і Co відповідає середнім значенням для рослинності суші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексеев В. А.* Экологическая геохимия: учебник. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. Атлас почв Украинской ССР / под ред. Н. К. Крупского, Н. И. Полупана. К: Урожай, 1979. С. 119–136.
3. *Белова Н. А., Травлев А. П.* Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1999. 343 с.
4. *Виноградов А. П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–572.

5. Геоботаничне районування Української РСР / за ред. А. І. Барбарич. К.: Наук. думка, 1977. 304 с.
6. Геохимия техногенных радионуклидов / под ред. Э.В. Собоновича и Г.Н. Бондаренко. К.: Наук. думка, 2002. 196 с.
7. Добровольский В. В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. № 4. С. 431–441.
8. Дядькова К., Романюк Н. Кора *Robinia pseudoacacia* і талом епіфітного лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. як індикатори забруднення атмосфери м. Мелітополя // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2011. Т 56. С. 99–104.
9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
10. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами М.: Гидрометеоиздат, 1981. 110 с.
11. Никитин Б. А. Определение содержания гумуса в почве // Агрохимия. 1972. Т. 3. С. 123–125.
12. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1989. 361 с.
13. Babula P., Adam V., Opatrilova R. et al. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review // Environmental Chemical Letter. 2008. N 6. P. 189–213.

Стаття: надійшла до редакції 07.02.13

доопрацьована 22.05.13

прийнята до друку 28.05.13

BIOGEOCHEMISTRY CU, ZN, CD, MN, FE, CO IN GREEN AREAS OF MELITOPOL SITY (ZAPORIZHZHYA REGION, UKRAINE)

K. Dyadkova¹, N. Romanyuk², V. Kozlovskyy³

¹*Bohdan Khmelnytsky State Pedagogical University of Melitopol
20, Lenin St., Melitopol 72300, Ukraine*

²*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskyyi St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: biofr@franko.lviv.ua*

³*Institute of Ecology of the Carpathians, NAS of Ukraine
4, Kozelnytska St., Lviv 79026, Ukraine*

Total concentrations of chemical elements do not exceed Clarke's values. The distribution of elements in the soil profile reveals the existence of geochemical barriers in the upper (A soil horizon) and middle (B soil horizon) part of the soil profile. The levels of Zn, Pb, Cu for majority of plants was near Clarkes, Fe, Mn, Co – lower, and Cd – ranged from average values to values several times higher than Clarkes. The concentration factor (CF) (metal content in plant ash/metal content in parent material of the soil) for Fe, Mn is several times higher than the average for terrestrial vegetation [average metal content in terrestrial vegetation ash/metal content in lithosphere]; CF values for Cu and Cd exceed the Clarkes values by 10 times or more; CF for Pb, Zn, Co is comparable to average values.

Keywords: steppe zone, heavy metals, soils, plants.

**БИОГЕОХИМИЯ CU, ZN, CD, MN, FE, CO В ЗЕЛЕННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА
МЕЛИТОПОЛЯ (ЗАПОРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, УКРАИНА)**

К. Дядькова¹, Н. Романюк², В. Козловский³

¹*Мелитопольский государственный педагогический университет имени
Богдана Хмельницкого ул. Ленина, 20, Мелитополь 72300, Украина*

²*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского 4, Львов, 79026, Украина
e-mail: biofr@franko.lviv.ua*

³*Институт экологии Карпат НАН Украины
ул. Козельницкая, 4, Львов 79026, Украина*

Абсолютные концентрации химических элементов в почвах не превышают кларковых значений. Распределение элементов в почвенном профиле свидетельствует о наличии геохимических барьеров в верхней и средней части почвенного разреза, где в гумусовом и иллювиальном горизонтах существуют условия для накопления исследованных элементов. Содержание Zn, Pb, Cu для большинства растений сопоставимо с кларковыми, Fe, Mn, Co – ниже, Cd – находится в границах от средних значений к значениям в несколько раз выше кларковых. Интенсивность биологического поглощения Fe, Mn большинством растений в несколько раз выше средних показателей для растительности суши; аналогичные значения для Cu и Cd превышают кларковые значения на порядок и более; интенсивность поглощения Pb, Zn, Co сопоставима со средними значениями.

Ключевые слова: почвы, степная зона, растения, тяжелые металлы.