

ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОГО НАКОПИЧЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ (CU, PB, ZN, CD) ФІТОМАСОЮ РОСЛИН ТЕХНОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНИХ ЕКОТОПІВ (НА ПРИКЛАДІ М. ЧЕРКАСИ)

Корнелюк Н.М.¹, Конякін С.М.²

¹Черкаський державний технологічний університет
бул. Шевченка, 460, 18006, м. Черкаси
nkornelyuk@ukr.net

²ДУ «Інститут еволюційної екології Національної академії наук України»
вул. академіка Лебедєва, 37, 03143, м. Київ
ser681@ukr.net

Обґрунтовано необхідність комплексного вивчення основних техногенно змінених екотопів, а саме рослинного покриву в умовах антропогенного навантаження на довкілля міста. Розглянуто просторову гетерогенність вмісту важких металів у фітомасі форофітів *Populus pyramidalis* Roz., *Tilia cordata* Mill. і терофіту *Chenopodium album* L. із 24 екотопів м. Черкаси. Досліджені локалітети зайняті рудеральною рослинністю, тобто угрупованнями на порушених субстратах: покинутих землях, уздовж комунікацій, забудов тощо. В угрупованнях трапляються одно-та дворічні рудеральні види, здебільшого злісні сеgetальні та рудеральні бур'яни. Проведено серію розрахунків основних геохімічних показників для визначення особливостей поліелементного забруднення фітомаси. Інформативний ряд сумарного показника забруднення Zc дозволяє віднести досліджені локалітети до трьох рівнів забруднення: «максимально сильне», «сильне», «помірне (слабке, середнє)». Підвищений вміст важких металів у фітомасі рослин тест-об'єктів селітебних зон свідчить про суттєве техногенне навантаження через несанкціоноване розміщення приватних автомобілів на прибудинкових територіях. Значний вміст важких металів у листках вздовж транспортних магістралей співпадає з погіршенням екологічного та санітарного стану дерев, особливо з вираженою дефоліацією та дехромацією листкових пластин. Встановлено, що трав'янисті рослини здатні виступати в якості акумулятивних видів-індикаторів локальних забруднень мікробіотопів. Запропоновано використання *Chenopodium album* в якості сезонного біоаккумулятора забруднення довкілля важкими металами з огляду на широку представленість у мікробіотопах міста. Підтверджено видову біоаккумуляючу відмінність щодо нагромадження Cu, Pb, Zn Cd фітомасою дерев низки *Tilia cordata* > *Populus pyramidalis*. Отримані результати є підтвердженням актуальності розробки експрес-методів щодо моніторингу стану довкілля з використанням видів-індикаторів. *Ключові слова*: екотопи, фітомаса, важкі метали, техногенне забруднення, рослини тест-об'єкти.

Seasonal accumulation of trace elements (Cu, Pb, Zn, Cd) by plant phytomass of technogenic transformed ekotopes (the city of Cherkassy). Kornelyuk N., Koniakin S.

The necessity of a comprehensive study of the main technogenic modified ekotopes, namely the vegetation cover under the conditions of anthropogenic pressure on the city's environment is substantiated. Spatial heterogeneity of the heavy metal content in the phytomass of forophytes *Tilia cordata* Mill., *Populus pyramidalis* Roz. and therophyte *Chenopodium album* L. from 24 ekotopes of the city of Cherkassy is examined. The studied localities are occupied by ruderal vegetation, that is, groups on disturbed substrates: abandoned lands, along groups, buildings and the like. In groups, annual and biennial ruderal species grow, the vast majority of malicious segetal and ruderal weeds. A series of calculations of the main geochemical parameters was carried out to determine the features of multielement pollution of phytomass. The increased content of heavy metals in the plant phytomass of test objects of residential areas indicates a significant technogenic load due to the unauthorized placement of private cars in the house adjoining territories. The high content of heavy metals in the leaves along the highways coincides with the deterioration of the ecological and sanitary condition of trees, especially the pronounced defoliation and dechromation of leaf plates. It is established that herbaceous plants are able to act as accumulative species of indicators of local pollution of the microbiotops. The use of *Chenopodium album* as a seasonal bioaccumulator of environmental pollution by heavy metals is suggested, given the widespread presence in the city's microbiotopes. Species bioaccumulative difference in the accumulation of Cu, Zn, Pb, Cd, phytomass of the trees in the series *Tilia cordata* > *Populus pyramidalis* was confirmed. The results obtained confirm the relevance of the development of express methods for monitoring the state of the environment using biotestors species. *Key words*: ekotopes, phytomass, heavy metals, technogenic pollution, plants test as objects.

Постановка проблеми. Техногенне та антропогенне навантаження є невід'ємним складником трансформації та тотального збіднення видового різноманіття міських фітоценозів. Аналіз літературних джерел свідчить, що деревні рослини належать як до чутливих, так і до акумулятивних видів-індикаторів. Їхня здатність адаптуватися до значних концентра-

цій фітотоксикантів залежить від видових особливостей здатності до біоаккумуляції та рівня техногенного навантаження на природне середовище.

Хімічні елементи, в тому числі і важкі метали (далі – ВМ), забезпечують процеси життєдіяльності рослин. Основними шляхами надходження ВМ до рослинного організму є поглинання корінням рослин

різних хімічних сполук цих металів (солей, гідроксидів, комплексів) із ґрунту та надходження елементів до рослин через листя (фоліарне).

Роботи багатьох вчених доводять, що між хімічним складом рослин та елементним складом середовища існує безпосередній зв'язок, однак пряма залежність вмісту важких металів у рослинах і ґрунті часто порушується за умов вибіркової здатності рослин до поглинання і накопичення мікро- і макроелементів [1, 2]. Відомості щодо накопичення важких металів в органах рослин є досить суперечливими. Існують різні точки зору щодо підвищеної акумулюючої здатності як наземних органів [3], так і коріння [4].

Актуальність дослідження. В умовах техногенного впливу відбувається трансформація рослинного покриву через деградацію та тотальне збільшення чужорідних видів рослин. Актуальним є використання даних біомоніторингу забруднення ВМ (методів біоіндикації, біоаккумуляції) з урахуванням показників техногенного навантаження на екосистему конкретного міста. Суттєвими є також проблеми, пов'язані з адаптацією синантропних видів рослин зелених зон міста, оскільки вони поглинають і біотрансформують техногенні токсиканти.

Дослідження авторів [5–7] на прикладі дерево-чагарникової рослинності таких промислових центрів як Дніпро, Київ, Кременчук, Жовті Води довели, що вміст хімічних елементів у тканинах і органах рослин залежить як від концентрації цих елементів у ґрунтового розчині, так і від індивідуальних особливостей рослин.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Місто Черкаси має розгалужену промислово-транспортну інфраструктуру з багаточисельними (вкрапленими) джерелами техногенного забруднення, складну, здебільшого стихійну, архітектурну забудову, що сприяє виникненню зон екологічного ризику. Важливою є екологічна оцінка і вивчення специфіки сезонного нагромадження ВМ деревними породами і трав'янистими рослинами, які зростають у різних за ступенем трансформації та техногенного навантаження територіях міста [8–9].

Виклад основного матеріалу. Місто Черкаси (площа 77,6 км² га, населення – 298 тис. чол., густина населення 3840 осіб на 1 км²) розташоване в межах північно-східного схилу Українського кристалічного щита на високому плесі правого берега Дніпра. Забруднення атмосферного повітря міста відбувається за рахунок стаціонарних і пересувних джерел, які розподілені по території міста нерівномірно, що виключає можливість вирішення проблем забруднення як окремих локалітетів, так і міста загалом.

Обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел складають майже 50%, решта – викиди автомобільного транспорту. Головний внесок у сумарне забруднення повітряного басейну Черкас

належать підприємствам, які розташовані в межах двох промислових зон (південна і східна технозони). Південна – це територія розташування ПАТ «Азот», ДП «Черкаська ТЕЦ» ПАТ «Черкаське хімволокно», а східна – «Черкаський ДОК», Черкаський лакофарбовий завод. Обсяг валового викиду шкідливих речовин промислових зон становить 95,3% від загальної кількості викидів підприємств міста.

У статті розглянуті особливості сезонного нагромадження Cu, Pb, Zn Cd вегетативною масою рослин антропогенних екотопів міста Черкаси: *Populus pyramidalis* Roz. (Salicaceae Mirb.), *Tilia cordata* Mill. (Malvaceae Juss.), *Chenopodium album* L. (Amaranthaceae Juss.). Вміст ВМ визначали у листках рослин тест-об'єктів, що дозволило проаналізувати кумулятивні процеси за період вегетації. На основі отриманих даних і розрахованих геохімічних показників – коефіцієнта концентрації (K_c) та сумарного показника поліелементного забруднення рослин (Z_c), тест-об'єктів, проведено екологічну оцінку стану різнофункціональних екотопів міста Черкаси [9, 10].

За принципом ландшафтно-функціонального зонування території серед антропо-техногенних екотопів у межах Черкас виділено такі класи: транспортних шляхів, житлової забудови, санітарно-захисну, паркову та лісопаркову [11]. В якості фонові ділянки обрано умовно чисту територію – вул. Набережну рекреаційної зони лісового біоценозу «Соснівка».

Вибір досліджуваних металів ґрунтувався не тільки за їх належністю до найпоширеніших урбогенних поллютантів, які входять до I та II класів небезпечності: Zn, Pb, Cd (I категорія небезпечності), Cu (II), але й належність Cu, Zn до важливих мікроелементів, а Cd, Pb – до ультрамікроелементів, які присутні в рослинах і беруть участь у процесах метаболізму [12].

Методом атомно-абсорбційної спектрометрії (СМ-115, М-1, РФ, 1989) визначали вміст важких металів Cu, Zn, Pb і Cd у листовій біомасі тест-об'єктів, зібраних із 24 тестових локалітетів з різним ступенем антропогенного навантаження (рис. 1). Проби були відібрані з дослідних ділянок відповідно до методичних рекомендацій [13] і діючих стандартів для рослин ISO 874–2020. Відібрані зразки аналізувалися на вміст рухомих форм ВМ методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на атомному спектрометрі (СМ-115, М-1, 1989) з попередньою мінералізацією рослинного матеріалу методом сухого озолення [14].

Характеристика важких металів базувалася на геохімічних показниках, які оцінюють розподіл суми елементів, що входять до складу забруднень, із визначенням ступеня участі кожного окремого металу в загальному забрудненні. До цих показників належить коефіцієнт концентрації (K_c), який порівнює вміст хімічного елемента в пробі з його вмістом у фоновому зразку; сумарний показник концентрації



Рис. 1. Картосхема відбору проб у локалітетах міста Черкаси 2017-2018 років:

вулиці: 1) Набережна; 2) Канівська; 3) Героїв Дніпра; 4) Козацька; 5) Гагаріна; 6) Хрещатик (сквер «Дитячий»); 7) Кірова; 8) Б-р Шевченка; 9) Парк Хіміків; 10) вул. Нечуя Левицького; 11) ДП «Черкаська ТЕЦ» та ПАТ «Черкаське хімволокно»; 12) ПАТ «Азот»; 13) Проспект Хіміків; 14) вул. Берегова; 15) вул. Чехова; 16) ПАТ «ТЕМП»; 17) ПАТ «Хімреактив»; вулиці: 18) Чигиринська; 19) Якубовського; 20) акад. Корольова; 21) ПАТ АК «Богдан Моторс»; 22) ПАТ «ЧЗТА»; 23) вул. Сумгайтська; 24) р-н Соснівка – транспортна магістраль Черкаси – Канів

(Z_c), що визначає адитивну суму перевишень вмісту ВМ, що беруть участь у забрудненні над їхнім фоновим вмістом (рис. 2).

Оціночна шкала за сумарним показником забруднення має такі категорії і рівні (в умовних одиницях): менше < 2 – мінімальне забруднення; 2–4 – слабе забруднення; 4–8 – середнє забруднення; 8–16 – сильне забруднення; 16–32 – дуже сильне забруднення; > 32 – максимальне забруднення [15]. Під час проведення геоботанічних описів у досліджуваних локалітетах встановлено, що список спонтанної флори трав'янистих рослин містить 44 види, які належить до 38 родів, 21 родини, 17 порядків, двох класів відділу *Magnoliophyta*.

Слід зазначити, що на родину *Poaceae* припадає 25% видового різноманіття; *Asteraceae* – 15,9%; *Rosaceae* – 6,8%; *Brassicaceae* – 6,8%. Всі інші родини включають по два і один види (табл. 1).

Досліджені локалітети зайняті в основному рудеральною рослинністю, тобто угрупованнями на порушених субстратах: покинутих землях, уздовж комунікацій, забудов тощо. Клас *Chenopodieta* Br.-Bl. 52 em. Lohm., J. & R. Tx. 1961 ex Matsz. 1962. Фітоценози цього класу є біотопами, які сформовані людською діяльністю. В угрупованнях трапляються одно- та дворічні рудеральні види, це здебільшого злісні сегетальні та рудеральні бур'яни. Ці ценози є початковими стадіями відновних сукцесій на порушених екотопах, тому характеризуються змінним

флористичним складом [16–17], формуються на тих місцезростаннях, де відбулося зняття та переміщення верхнього шару ґрунту.

Сумарний показник забруднення (Z_c) в листовій біомасі деревних порід *Tilia cordata*, *Populus pyramidalis* і трав'янистої рослини *Chenopodium album* в межах екоотопів різнофункціональних зон міста Черкаси наведено на рис. 2.

Видова акумулятивна індикація важких металів різнофункціональних зон міста Черкаси.

Екотопи рекреаційних зон. Для деревних рослин *P. pyramidalis*, *T. cordata* рекреаційних зон (парків, свекрів, прибережних захисних смуг) сумарний показник забруднення коливався в межах 2,3–6,8, у *C. album* – 10,8–29,7. Серед досліджених екоотопів рекреаційних зон максимальні значення сумарного показника забруднення встановлено у *P. pyramidalis* (3,6–3,7) у межах Південної (ДД-1) і Південно-західної (ДД-5) технозон; *T. cordata* за відомої чутливості до впливу токсикантів – 6,8 (ДД-1). Найвищий показник сумарного забруднення виявлено у *C. album* – 29,7 в межах Південної технозони (ДД-1). Відповідно до оціночної шкали за результатами вмісту ВМ у листовій біомасі *P. pyramidalis*, *T. cordata* екологічний стан екоотопів рекреаційних зон можна оцінити як слабо та середньо забруднені. Сумарний показник розрахований для *C. album*, який характеризує дослідні ділянки як сильно та дуже сильно забруднені.

Таблиця 1

Видовий склад трав'янистих рослин біотопів м. Черкаси

Назва видів рослин	Номера досліджуваних локалітетів																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Родина Aristolochiaceae Juss. – Хвилівникові																									
<i>Aristolochia clematitis</i> L.								•																	
Родина Ranunculaceae Juss. – Жовтецеві																									
<i>Ranunculus acris</i> L.																									•
Родина Papaveraceae – Макові																									
<i>Chelidonium majus</i> L.	•		•	•			•		•	•	•	•			•							•	•	•	•
Родина Scaryophyllaceae Juss. – Гвоздикові																									
<i>Coronaria flos-cuculi</i> (L.) Greuter & Burdet																									•
Родина Amaranthaceae – Щирицеві																									
<i>Atriplex tatarica</i> L.						•																			
<i>Chenopodium album</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Родина Polygonaceae Juss. – Споришеві																									
<i>Polygonum aviculare</i> L.	•						•																		•
Родина Mirtsinanaceae R. Br. (Primulaceae Batsch ex Vorkh. s.l.) – Мирсинові																									
<i>Lysimachia nummularia</i> L.																									•
Родина Brassicaceae Burnett – Капустяні																									
<i>Alliaria petiolata</i> (M. Bieb.) Cavara & Grande.	•					•																			
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.								•																	•
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Родина Urticaceae Juss. – Кропивові																									
<i>Urtica urens</i> L.																									•

Продовження таблиці 1

Назва видів рослин	Номера досліджуваних локалітетів																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>Euphorbia cyarissias</i> L.	•			•							•													
Родина Euphorbiaceae Juss. – Молочайні																								
<i>Geum urbanum</i> L.							•																	
<i>Potentilla anserina</i> L.																							•	
<i>P. reptans</i> L.																								•
Родина Fabaceae Lindl. – Бобові																								
<i>Trifolium repens</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>T. medium</i> L.																								•
Родина Geraniaceae Juss. – Геранієві																								
<i>Geranium sanguineum</i> L.		•				•					•													
Родина Asteraceae Bercht. & J. Presl. – Айстрові (Складноцвітні)																								
<i>Achillea submillefolium</i> Klokov et Krytzka			•				•				•						•							
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.											•													
<i>Erigeron canadensis</i> L.	•	•		•			•				•						•							
<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) L.							•																	
<i>S. arvensis</i> L.	•			•	•	•	•	•	•	•	•													
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Родина Rubiaceae Juss. – Маренові																								
<i>Galium aparine</i> L.	•			•		•					•													
Родина Convolvulus L. – Берізкові																								
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Закінчення таблиці 1

Назва видів рослин	Номера досліджуваних локалітетів																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	Родина Veronicaceae Durande – Веронікові																								
<i>Veronica chamaedrys</i> L.																									•
<i>V. spicata</i> L.																									•
	Родина Plantaginaceae Juss. – Подорожникові																								
<i>Plantago media</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>P. lanceolata</i> L.																									•
	Родина Lamiaceae Martinov – Глухокропивні																								
<i>Lamium maculatum</i> (L.) L.																									
	Родина Poaceae Varnhart – Тонконогові																								
<i>Agropyron cristatum</i> (L.) P. Gaertn.											•														
<i>Bromus sguarrosus</i> L.	•				•		•			•							•								•
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	•			•	•		•			•		•				•									
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Festuca pratensis</i> Huds.																									•
<i>Hordeum murinum</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Poa angustifolia</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>P. nemoralis</i> L.										•															
Газона суміш: <i>Poa pratensis</i> L.; <i>Festuca rubra</i> L.; <i>Lolium perenne</i> L.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Загальна кількість видів у локалітетах	19	14	12	18	12	12	16	13	13	8	18	17	10	10	9	7	12	10	7	4	6	10	14	5	

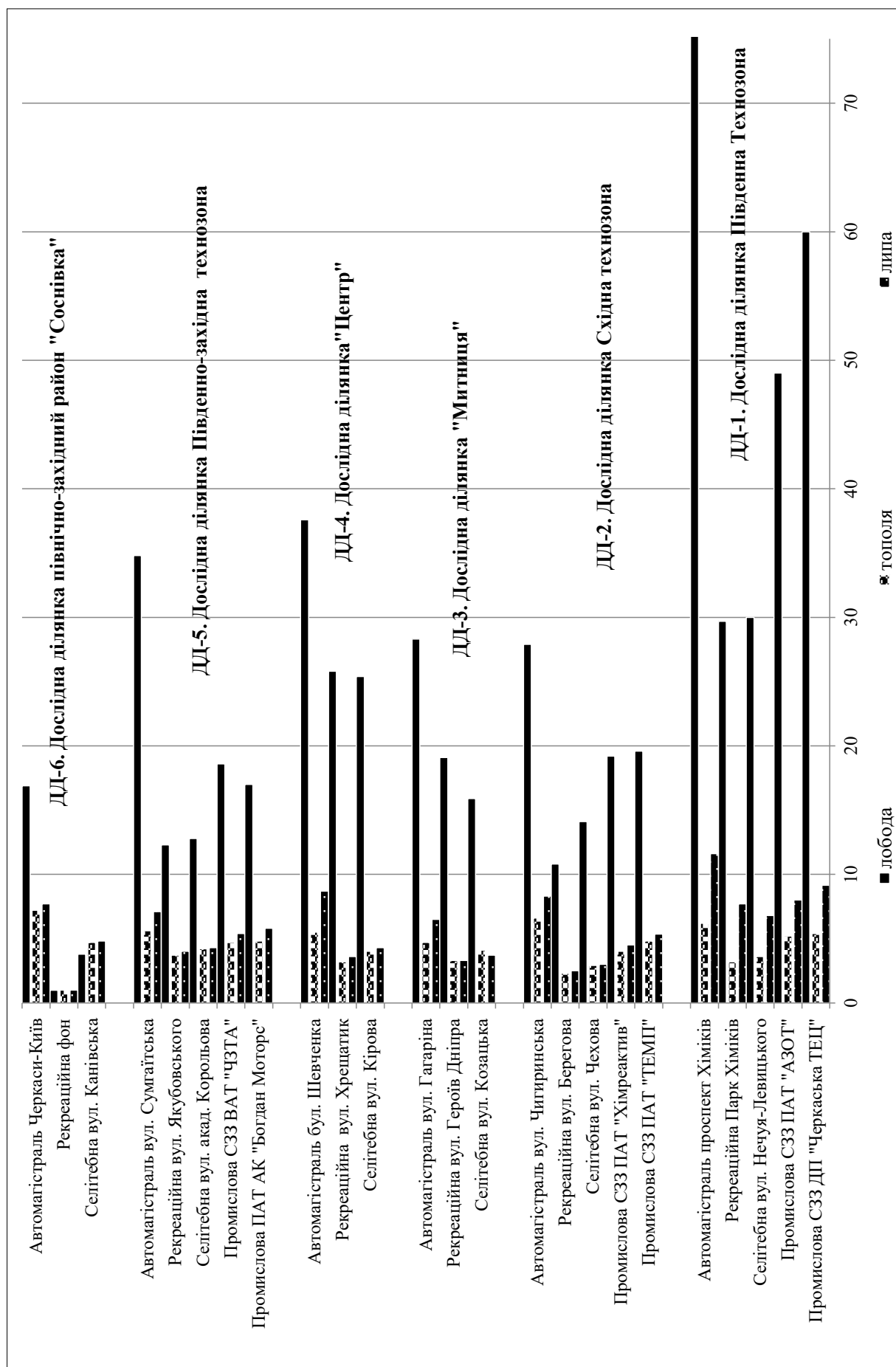


Рис. 2. Сумарний показник (Zc) поділеного забруднення фітомаси деревних порід *Tilia cordata*, *Populus rugativalis* і трав'янистої рослинності *Chenopodium album* в межах екологічно-функціональних зон міста Черкаси

Промислова зона. Місто має мозаїчну структуру розміщення промисловості, але можна виділити технозони, які чинять найбільший вплив на стан довкілля у місті Черкаси – Південна, Східна, Південно-західна. Для *P. pyramidalis*, *T. cordata* санітарно-захисних зон ДП «Черкаська ТЕЦ», ПАТ «АЗОТ» (ДД-1) – найбільших підприємств міста – сумарний показник забруднення коливався в межах 5,2–9,15 (рівень середнього і сильного забруднення). Решта локалітетів санітарно-захисних зон Східної (ДД-2) і Південно-західної (ДД-5) технозон – території середнього забруднення. Розраховано сумарний показник забруднення за вмістом мікроелементів у листках *S. album*, що характеризує стан локалітетів санітарно-захисних зон згаданих вище підприємств, як дуже сильно забруднених (ДД-2, ДД-5) та максимально забруднених (ДД-1).

Селітебна зона представлена екотопами, які безпосередньо розташовані на прибудинкових територіях і дворах житлових масивів. Максимальні значення сумарного показника забруднення для *P. pyramidalis* встановлено в межах Південно-західної технозони (ДД-5), а для *T. Cordata* – Південної технозони (ДД-1).

Певна гетерогенність щодо сумарного показника забруднення листків рослин-тест об'єктів *P. pyramidalis*, *T. cordata* ВМ зумовлена як особливостями процесів міграції, накопиченням токсикантів в умовах одно- чи багатоповерхової забудови, так і специфікою урбогенного навантаження через щільне розміщення поблизу будинків приватних транспортних засобів, кількість яких невпинно зростає.

Екотопи вздовж автомагістралей із середньою інтенсивністю руху транспортних засобів. Значного антропогенного навантаження зазнають рослини різних життєвих форм поблизу автомагістралей. Деревні рослини реагують на зміни середовища раннім всиханням гілок, некротичними враженнями листкових пластинок тощо. За результатами розрахунку сумарного показника забруднення з використанням тест-об'єктів *P. pyramidalis*, *T. cordata* встановлено, що стан території вздовж транспортних магістралей, зокрема проспекту Хіміків Південної технозони (ДД-1), вул. Чигиринської Східної технози (ДД-2) можна оцінити як середньо (6,2–6,6) та сильно забруднений (8,3–11,6). Під час обчислення з використанням показників вмісту ВМ у листовій біомасі *S. album* характеризується як дуже сильно (27,9) та максимально забруднений (75,2).

Головні висновки. Встановлено достовірне підвищення ($P < 0,01$) вмісту ВМ у фітомасі рос-

лин тест-об'єктів порівняно з фоновою територією об'єктного регіону дослідження. Вміст мікроелементів (Cu, Zn, Pb, Cd) у листовій біомасі та розраховані коефіцієнти значно відрізняються як за класами екотопів, що пояснюється особливостями розташування джерел техногенної емісії, так і за видовими особливостями дерев *Tilia cordata* > *Populus pyramidalis* щодо акумуляції ВМ. Інформативний ряд сумарного показника забруднення (Z_c) дозволяє віднести досліджені локалітети до трьох рівнів забруднення: «максимально сильне», «сильне», «помірне (слабке, середнє)», причому рекреаційні зони не можуть вважатися «чистими», оскільки мають досить високий рівень забруднення.

Під час проведених досліджень була підтверджена видова специфічність чутливості *Tilia cordata* як біоіндикатора забруднення довкілля. Значний вміст важких металів у листках вздовж транспортних магістралей співпадає з погіршенням екологічного та санітарного стану дерев, особливо з вираженою дефоліацією та дехромацією листкових пластин.

Запропоновано можливість використання *Chenopodium album* в якості сезонного біоаккумулятора та тест-об'єкта забруднення міських екотопів важкими металами з огляду на широку представленість у біотопах міста. Підвищені рівні вмісту мікроелементів у листовій біомасі *S. album* екотопів міста відображають активність міграційних процесів мобільних форм ВМ.

Перспективи використання результатів дослідження. В умовах техногенно трансформованих екотопів стан вуличних зелених насаджень катастрофічно погіршується (розрідження крони, всихання гілок, некрози, хлорози, літня дефоліація листків), що потребує проведення відновних заходів із оздоровлення деревостанів, збільшення площ зелених зон вздовж транспортних магістралей, у межах сформованих техно- та рекреаційних зон. Підвищений вміст ВМ у фітомасі рослин тест-об'єктів селітебних зон свідчить про суттєве техногенне навантаження через несанкціоноване розміщення приватних автомобілів на прибудинкових територіях.

Сучасний досвід зеленого будівництва міста Черкаси не враховує специфічність екологічних умов та рівень техногенного забруднення. Питання формування «фіторельєфу» міста з можливістю перерозподілу димових газів і викидів транспортних засобів через утворення «зелених коридорів» із використанням лінійних насаджень дерев і формуванням «зелених масивів» вздовж схилів Дніпра є не достатньо вивченим.

Література

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях Л. : Агропромиздат. 1987. 142 с.
2. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск : Наука, 1991. 151 с.
3. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях М. : Мир. 1989. 430 с.
4. Memon A.R., Aktoprakligil D., Ozdemir A. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants. *Turk J. Bot.* 2001. Vol. 25. P. 111–121.

5. Важкі метали в об'єктах довкілля Київського мегаполісу : монографія / Самчук А.І. та ін. Київ : Наш формат, 2019. 164 с.
6. Зайцева И.А. Роль зеленых насаждений в оптимизации городской среды. *Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность* : труды I Междунар. науч.-практ. конф. Днепропетровск : Днепр. ун-т. 1995. Т. 2. С. 36–37.
7. Луцишин О.Г., Тесленко І.К., Белошапка Т.В. Адаптація деревних рослин техногенно трансформованих урбоедафотопів (на прикладі м. Київ). *Доповіді НАН України*. 2013. № 5. С. 180–194.
8. Корнелюк Н.М., Конякін С.М., Гродзинська Г.А. Вміст важких металів у листках *Tilia cordata* Mill. та ґрунті урбоекосистем м. Черкаси. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 3. С. 24–32.
9. Корнелюк Н.М., Хоменко О.М. Особливості біоаккумуляції важких металів деревною рослинністю в зоні локальної дії Черкаської теплоелектроцентралі (на прикладі м. Черкаси). *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018, 8 (1), 953–960 doi: 10.15421/2018_2988.
10. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н. и другие. Интенсивность накопления тяжелых металлов естественной травянистой растительностью. *Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред* : тезисы докладов Международной конференции (Москва, 4-6 февраля 2013 г.). М. : БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013. С. 144.
11. Кучерявый В.А. Роль зеленых насаждений в оздоровлении урбанизированной среды. *Проблемы комплексного управления городской средой*. Львов, 1979. С. 97–98.
12. Лаптев А.А. Зеленое строительство и оптимизация окружающей среды. *Озеленение, проблемы фитогигиены и охраны городской среды*. Л. : Наука, 1984. С. 30–33.
13. Саєт Ю.Е., Рачевич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М. : Недра. 1990. 335 с.
14. Біоіндикація техногенного забруднення м. Києва: методичні підходи : монографія за ред. О.П. Дмитрієва. Київ : Наш формат, 2016. 122 с.
15. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М. : Гидрометеоздат, 1981. 101 с.
16. Смирнова Р.С., Ревич Б.А. Биогеохимические методы при изучении окружающей среды. М. : МГУ, 1989. С. 117–127.
17. Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення. Київ : Фітосоціоцентр, 2008. 296 с.
18. Осипенко В.В. Спонтанна рослинність м. Черкаси. 5. Угруповання рудеральної рослинності. *Укр. фітоцен. зб.* Київ, 1999. Сер. А, № 3(14). С. 107–122.