



Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНІШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.332183>

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У БІОГЕОЦЕНОЗАХ ПРИРОДНИХ ТА УРБАНІЗОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Ірина КУРАЄВА¹, Тетяна КОШЛЯКОВА¹, Анастасія СПЛОДИТЕЛЬ¹,
Олена ДЕРЮГІНА¹, Олександр АЗІМОВ², Людмила ЛЕМЕШ¹

¹Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
пр. Акад. Палладіна, 34, Київ-142, 03142, Україна

²Інститут геологічних наук НАН України
вул. Олеса Гончара, 55Б, м. Київ, 01054, Україна
e-mail: derugina.eln@gmail.com

Анотація

Вивчено закономірності розподілу мікроелементів в біокосних системах (грунти, природні води) природних та урбанізованих ландшафтах лісостепової зони України. Отримано дані щодо валового вмісту важких металів у ґрунтах умовно чистих територій Київської, Черкаської та Полтавської областей, а також урбанізованих ландшафтів м. Бровари та Київського полігону №5. У ґрунтах м. Бровари та полігону № 5 вміст важких металів значно перевищує фонові показники. Авторами проведені дослідження щодо мікроелементного складу питних підземних вод на території Коростишівського району Житомирської області. Виявлено недостатню кількість Li, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd та Pb. У подальшому необхідно проводити моніторингові спостереження за змінами хімічного складу підземних вод Коростишівського району Житомирської області.

Ключові слова: мікроелементи, умовно чисті території, урбанізовані території, рухомі форми, міграція, підземні води.

Забруднення навколишнього середовища важкими металами є серйозною проблемою, яка призводить до негативних наслідків екосистем та являється найважливішою для екологічної геохімії. Дослідження продемонстрували [1], що під час російсько-української війни ґрунтовий покрив, природні води зазнають потужного впливу, а наслідки воєнних дій можуть проявлятися впродовж тривалого часу. Роботу підготовлено на основі попередньо опублікованих результатів, із врахуванням нових даних та аналітичних досліджень. Новизна поданої роботи полягає в розробці комплексної еколого-геохімічної оцінки біогеоценозів природних та урбанізованих ландшафтів лісостепової зони України. Дані о закономірностях розподілу мікроелементів в компонентах навколишнього природного середовища дозволять вирішити наступні народно-господарчі задачі: вирощування екологічно-чистої продукції, розробка нових методів очистки урбанізованих територій для комфортного проживання населення.

Метою дослідження є виявлення особливостей розподілу мікроелементів в ґрунтах, природних водах фонових та урбанізованих територій лісостепу. Авторами досліджувались ґрунти, підземні води умовно чистих (Київська обл., с. Пуща-Водиця; Черкаська обл. с. Головатине; Полтавська обл., м. Миргород; Коростишівський р-н Житомирської обл.) та урбанізованих (Київська обл., м. Бровари, полігон № 5) територій лісостепової зони України.

Пробовідбір ґрунтів та води було здійснено за період 2018—2022 рр. За Методикою ґрунтово-геохімічного обстеження передбачався відбір проб ґрунту на глибині 0—20 см методом конверта, а також за профілем ґрунту, згідно з чинними ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 10381-2:2004. Вимірювання вмісту важких металів у зразках ґрунтів і природних вод виконано за допомогою методу маспектрометрії з індукційно-зв'язаною (ICP-MS) плазмою на аналізаторі *Element-2* (Німеччина) в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України. Форми міграції мікроелементів у природних водах визначались за допомогою методів математичного моделювання з використанням спеціалізованих програмних засобів *GEMs v.3.2* та *Hydra&Medusa* [2].

Авторами досліджувались умовно чисті території лісостепу: Київської, Черкаської та Полтавської областей. Основні типи ґрунтів визначено згідно класифікації ґрунтів *інституту Соколовського м. Харків* [3]. Для оцінки вмісту мікроелементів й закономірностей їх розподілу, були вибрані 6 типів ґрунтів: темно-сірі опідзолені середньо-гумусоаккумулятивні (Київська обл.), сірі-лісові слабо-гумусоаккумулятивні (Київська, Полтавська обл.), світло-сірі лісові слабо-гумусоаккумулятивні (Полтавська обл.), чорноземи типові гумусоаккумулятивні (Полтавська обл.) чорноземи опідзолені помірно-слабо-гумусоаккумулятивні (Черкаська обл.), чорноземи типові помірно-високо-гумусоаккумулятивні (Полтавська обл.). Узагальнена фізико-хімічна характеристика та фоновий вміст мікроелементів досліджених ґрунтів представлена у табл. 1 [4].

У результаті аналізу досліджуваних зразків ґрунту «умовно чистих» територій лісостепової зони щодо вмісту фонових значень рухомих форм окремих мікроелементів маємо такі показники — середній вміст рухомих форм важких металів у темно-сірих опідзолених ґрунтах становить, мг/кг: вміст Cu — 1; в типових чорноземах — 2; Co — 3; у світло-сірих опідзолених ґрунтах вміст рухомих форм Cu — 0,5; Zn — 0,14; Co — 1,23 [4].

В даній роботі вивчалися урбанізовані ландшафти зони лісостепу (м. Бровари Київська область) та полігону захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) № 5. Виявлено особливості розподілу мікроелементів у ґрунтах та підземних водах досліджуваних територій. Територія м. Бровари забруднена елементами I—III класу небезпеки — свинцем, цинком, кобальтом, міддю тощо [5]. Вміст важких металів у ґрунтах Броварів підвищений порівняно з фоновими територіями. В ґрунтах міста спостерігається підвищений валовий вміст важких металів порівняно з фоновими значеннями. Вміст Cu, Pb, Zn підвищено в зонах інженерної інфраструктури й виробничих та комунально-складських об'єктів; Pb, Zn, Co — у зоні інженерної інфраструктури; Pb і Cu — в громадській зоні; Zn, Ni, Pb і Cu — в зоні транспортної інфраструктури. Київський полігон №5, є одним з найбільших в Україні полігонів захоронення ТПВ. В ґрунтовому покриві полігону домінують темно-сірі опідзолені ґрунти переважно на лесових породах, а також чорноземи опідзолені на лесах. У досліджуваних пробах ґрунтових утворень визначені [6,7] рухомі форми знаходження Cu, Zn, Co і Ni; встановлено залежність вмісту рухомих форм від фізико-хімічних властивостей ґрунту. Валовий вміст мікроелементів у досліджуємих зразках значно перевищує фон, також відмічається підвищений вміст рухомих форм металів. У ґрунтах на території полігону відмічається висока концентрація важких металів, пов'язаних з фракцією легкообмінних іонів, а також підвищений вміст водорозчинних форм. У фонових ґрунтах досліджуваної території вміст рухомих форм важких металів зменшується.

Табл. 1. Фізико-хімічна характеристика та валовий вміст мікроелементів у гумусовому горизонті умовно чистих ґрунтів лісостепової зони

Ґрунт	Валовий вміст мікроелементів, мг/кг							Гу- мус, %	рН вод- ний	Поглиненні катіони, мг-екв/100г ґрунту			
	Co	Mn	Mo	Zn	Cu	Ni	Cr			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
Темно-сірий опідзолений середньо-гуму- соаккумулятив- ний, п - 27	18	900	60	21	26	33	100	1,90	7,2	20,42	3,40	0,22	0,74
Сірий-лісовий слабо- гумусоаккумуля- тивний, п - 25	12	700	12	45	12	17	52	2,03	4,5	14,97	4,00	0,20	0,21
Світло-сірий лісовий слабо- гумусоаккумуля- тивний, п - 27	10	800	14	46	11	—	—	0,94	4,8	4,61	2,10	0,27	0,21
Чорнозем типовий гумусоаккумуля- тивний, п - 22	25	320	12	52	20	16	19	4,26	7,4	—	—	—	—
Чорнозем опідзолений помірно-слабо- гумусоаккумуля- тивний, п - 30	16	1100	66	22	37	43	82	3,33	7,1	21,5	4,43	0,26	0,35
Чорнозем типовий помірно- високо- гумусоаккумуля- тивний, п - 27	19	360	12	40	32	12	90	4,67	6,8	—	—	—	—

Примітка: п — кількість відібраних зразків.

Авторами визначено показники мікроелементного складу питної води та вивчено особливості його формування на територіях лісостепу. Протягом 2020 р. авторами було здійснено пробовідбір зразків води із свердловин, розташованих на присадибних ділянках населених пунктів с. Високий Камінь та с. Городське, які розташовані в межах Житомирської

області. Глибина свердловин коливалась в межах 10—20 м (с. Високий Камінь). На попередньому етапі дослідження було визначено загальний хімічний склад досліджуваних вод та виконано порівняльний аналіз. Результати загального хімічного аналізу зразків води представлений у табл. 2[8].

Табл. 2. Загальний хімічний склад зразків води з водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (с. Високий Камінь, Житомирської обл.)

Найменування показника	Значення показника	ГДК, за ДСТУ 7525:2014*	ГДК, за ДСанПіН 2.2.4-171-10**	Клас якості води, за ДСТУ 4808:2007***
рН	7,22	6,5–8,5	6,5–8,5	2
Жорсткість, мг-екв/дм ³	6,9	7	10	2
Кальцій, мг/дм ³	96,2	130	не визначають	не визначають
Магній, мг/дм ³	25,54	80	не визначають	3
Лужність, мг-екв/дм ³	4,9	6,5	не визначають	2
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	289,9	не визначають	не визначають	не визначають
Хлориди, мг/дм ³	39,1	150	350	1
Сульфати, мг/дм ³	24	150	500	1
Залізо загальне, мг/дм ³	0,05	відсутність	1	1
Сухий залишок, г/дм ³	0,304	1	1,5	1
Na + K сумарно, мг/дм ³	9,2	≈92	не визначають	не визначають

*Примітка: загальна кількість зразків — 10; *ДСТУ 7525:2014 Державний стандарт України «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості»; **ДСанПіН 2.2.4-171-10 Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»; ***ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання».*

Підземні води водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (с. Високий Камінь) за своїм складом є гідрокарбонатними магнієвими кальцієвими. Згідно з вітчизняними нормативними вимогами, перевищень ГДК не зафіксовано. Винятком є лише показник загальної жорсткості, величина якого фактично відповідає величині ГДК, згідно з нормативом ДСТУ 7525:2014 Державний стандарт України «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». Результати оцінки якості води за блоком загальносанітарних хімічних показників характеризували досліджені підземні води за середніми значеннями блокового індексу ($I_{\text{Бсер}} = 1,63$, клас 2, підклас 1—2) як перехідні за якістю від «відмінної» дуже чистої до «доброї», чистої. Для підземних вод Житомирської обл., автори проаналізували динаміку змін у часі таких показників загального хімічного складу як загальна мінералізація, іони Ca, Mg, SO₄ та Cl. Період спостережень за коливаннями концентрацій вказаних показників охоплював березень 2017 — грудень 2019 рр. [8]. Відомо, що інтенсивність водовідбору, яка визначає гідродинамічні умови взаємодії поверхневих та підземних вод, є одним з головних чинників зміни їх хімічного складу. Виявлено значущу кореляцію між концентраціями Mg, SO₄, Cl та їх нормованими показниками за величиною

водовідбору. Коефіцієнти кореляції Пірсона R становили, відповідно: для $MgR = 0,82$; для $SO_4R = 0,63$; для $ClR = 0,76$. Також було виконано порівняння основних показників хімічного складу підземних вод з величиною водовідбору [9]. Отримані результати свідчать, що у водоносному горизонті тріщинуватої зони кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання під час збільшення водовідбору підвищується вміст мінеральних речовин, що підтверджує гіпотезу про істотну роль антропогенного чинника у ході формування хімічного складу досліджуваних підземних вод.

Авторами було проаналізовано 9 мікроелементів (Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb). Це дає змогу оцінити підземні води з точки зору потенційних ризиків для здоров'я населення, що їх споживають. Виконано порівняльний аналіз мікроелементного складу підземних вод з величинами біологічно значимих концентрацій (БЗК), обрахованих за методикою [10], а також з нормативами [11] (World Health Organization, 2022). У результаті гідро геохімічного аналізу не виявлено перевищень нормативів рекомендованих ВООЗ для досліджуваних мікроелементів. Натомість спостерігаються істотні відхилення від величин БЗК — зафіксовано нестачу у воді таких елементів як Li, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd та Pb.

Встановлено закономірності розподілу і форми знаходження мікроелементів в біокосних системах природних та урбанізованих ландшафтах лісостепової зони України. Отримано фонові значення валових форм мікроелементів та їх рухомих форм в основних типах ґрунтів умовно чистих територій. Вміст важких металів в ґрунтах міста Бровари підвищений в порівнянні з фоновими територіями. Отримано дані, щодо високого вмісту важких металів у ґрунтах Київського полігону № 5, які значно перевищують фонові показники. Встановлено особливості мікроелементного складу підземних вод, що використовуються для питного водопостачання мешканців с. Високий Камінь Коростишівського району Житомирської області.

Література

1. Сплодитель, А., Голубцов, О., Чумаченко, С., Сорокіна, Л. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023.
2. Koshliakova, T., Zlobina, K., Kuraieva, I., *ActaGeochimica*, 2023, Vol.42, Iss.381, pp. 535-551. <https://doi.org/10.1007/s11631-023-00604-y>
3. Полупан, М.І., Соловей, В.Б., Величко, В.А. Карта «Ґрунти України» м-бу 1 : 1 430 000. Київ-Харків, 2005.
4. Кураєва І.В., Сплодитель А.О., Кошлякова Т.О., Дерюгіна О.В., Азімов О.Т., Вовк К.В., *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки.* – Одеса, 2024. – № 29 (1(44)). – С. 213–231.
5. Splodytel, A.O. *J. Geol., Geograph. AndGeoecol.*, 2020, Vol. 29, No. 3, pp. 580-590. <https://doi.org/10.15421/112053>
6. Азімов, О., Кураєва, І., Трофимчук, О., Злобіна, К., Кармазиненко, С. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка*. 2020, Геол. Вип. 4 (91). С. 56—60. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.91.08>
7. Кураєва, І.В., Кошлякова, Т.О., Азімов, О.Т., Злобіна, К.С., Хрущов, Д.П. *Геохімія техногенезу*. 2021, Вип. 6 (34). С. 113—122. <https://doi.org/10.15407/geotech2021.34.113>
8. Кошлякова, Т., Кураєва, І., Кошляков, О., Олексенко, Л., Швайка, І., Проскурка, Л. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка*. 2022, Геол. № 2 (97). С. 85—91. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.97.11>
9. Koshliakova, T., Kuraieva, I. *J. Geol., Geograph. AndGeoecol.*, 2023, Vol. 32, No. 3, Dnipro, UA, pp. 525-539. <https://doi.org/10.15421/112347>

10. Барвиш, М.В., Шварц, А.А. *Геокол., инж. геол., гидрогеол., геокриол.* 2020, № 5. 467—473.

11. Guidelines for drinking-water quality: for the edition incorporating the first and second addenda. 2022, Geneva: World Health Organization. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547611>

PATTERNS OF MICROELEMENTS DISTRIBUTION IN BIOGEOCENOSES OF NATURAL AND URBANIZED LANDSCAPES OF THE FOREST-STEP ZONE OF UKRAINE

Iryna KURAIEVA

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34 Palladina Ave., Kyiv-142, 03142, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3113-7782>

Tetiana KOSHLIAKOVA

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34 Palladina Ave., Kyiv-142, 03142, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8551-3531>

Anastasia SPLYDYTEL

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34 Palladina Ave., Kyiv-142, 03142, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8109-3944>

Olena DERIUHINA

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34 Palladina Ave., Kyiv-142, 03142, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0004-0220-635X>

Olexander AZIMOV

Institute of Geological Science of the NAS of Ukraine
55B, Olesya Honchara Str., Kyiv, 01054, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5210-3920>

Ludmilla LEMESH

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34 Palladina Ave., Kyiv-142, 03142, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0003-4847-6139>

Abstract

The patterns of distribution of trace elements in bio-inert systems (soils, natural waters) of natural and urbanized landscapes of the forest-steppe zone of Ukraine were studied. The data were obtained on the gross content of heavy metals in soils of conditionally clean territories of Kyiv, Cherkasy and Poltava regions, as well as urbanized landscapes of the city of Brovary and Kyiv landfill №5. In the soils of the city of Brovary and landfill №5, the content of heavy metals significantly exceeds background indicators. The authors conducted research on the trace element composition of drinking groundwater in the territory of Korostyshiv district of Zhytomyr regions. An insufficient amount of Li, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd and Pb was found. In the future, it is necessary to conduct monitoring observations of changes in the chemical composition of groundwater in Korostyshiv district of Zhytomyr regions.

Keywords: microelements, conditionally clean territories, urbanized territories, mobile forms, migration, underground water.