

I. М. Кочмар, Х. В. Левинська
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1461-089X> – I. М. Кочмар
✉ irynalevytska1@gmail.com

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ УРБООКОСИСТЕМИ МІСТА ГОРОДОК ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Постановка проблеми. Забруднення ґрунтів є серйозною екологічною проблемою як великих, так і малих міст із значним рівнем антропогенного навантаження. Постійні процеси трансформації міського середовища, процеси будівництва, розвиток промисловості та транспорту впливають на властивості ґрунту за рахунок надходження забруднюючих речовин. Ґрунт, виконуючи низку екологічних функцій, забезпечує стабільність як окремих біоценозів, так і біосфери в цілому, тому дослідження та оцінка екологічного стану ґрунтового покриття в міському середовищі є актуальним та важливим завданням.

Метою роботи є дослідження та оцінка якості ґрунтів в межах м. Городок Львівської області.

Методи досліджень. Зразки ґрунтів були відібрані методом «конверта» та підготовлені для аналізу згідно з ДСТУ ISO 11464:2007. Вимірювання вмісту досліджуваних елементів в ґрунті проводили за допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу за допомогою аналізатора Elvax Light SDD. Оцінка екологічного стану ґрунтів проводилась шляхом порівняння фактичних значень концентрації досліджуваних зразків із ГДК валової форми та фоновими концентраціями (кларками) для досліджуваного регіону, розрахунком коефіцієнта концентрації важких металів і сумарного показника забрудненості ґрунтів.

Результати досліджень. За результатами досліджень можна стверджувати, що ґрунти м. Городок піддаються значному антропогенному впливу. Вміст Mn, S та P перевищує їх середній вміст у ґрунтах, а концентрації важких металів більші за фонові значення для досліджуваного регіону: Mn – до 2,34 раза, Sr – до 2,36 раза, Zr – до 2,81 раза, Cr – до 3,44 раза, Zn – до 4,98 раза, Fe – до 6,83 раза, Pb – до 15,19 раза, Cu – до 18,87 раза. За сумарним показником забруднення найбільшого антропогенного впливу зазнали ґрунти біля об'їзної дороги, автошлях Е40 (М-11) та залізничного вокзалу Городок-Львівський.

Висновки. Систематичне забруднення ґрунтів в межах міських агломерацій, активна урбанізація та техногенез, інтенсивний розвиток промисловості та транспортної інфраструктури сприяють збільшенню антропогенного тиску на міські території та надходженню забруднюючих речовин у ґрунти.

Ключові слова: нормування екологічного стану довкілля, екологічна безпека, ґрунти, важкі метали, ГДК, забруднення довкілля

I. М. Kochmar, Kh. V. Levynska
Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF SOILS OF THE URBAN ECOSYSTEM OF THE CITY OF HORODOK, LVIV REGION

Introduction. Soil pollution is a serious environmental problem of both large and small cities with a significant level of anthropogenic load. Constant processes of transformation of the urban environment, construction processes, development of industry, transport affect the properties of the soil due to the influx of pollutants. Performing a number of ecological functions, the soil ensures the stability of both individual biocenoses and the biosphere as a whole, therefore, the study and assessment of the ecological state of the soil cover in the urban environment is a relevant and important task.

Purpose. The purpose of the work is to study and assess the quality of soils within the city of Horodok, Lviv region.

Methods. Soil samples were selected using the "envelope" method and prepared for analysis in accordance with DSTU ISO 11464:2007. Measurement of the content of the studied elements in the soil was carried out using X-ray fluorescence analysis using the Elvax Light SDD analyzer. Assessment of the ecological state of the soils was carried out by comparing the actual values of the concentration of the studied samples with the MPC of the gross form and background concentrations (clarks) for the studied region, calculating the coefficient of concentration of the chemical element and the total indicator of soil pollution.

Results. According to the results of the conducted research, it can be stated that the soils of the city of Horodok are subject to significant anthropogenic impact. The content of Mn, S and P significantly exceeds their average content in soils, and the concentrations of heavy metals are significantly higher than the background values for the studied region: Mn – up to 2.34 times,

Sr – up to 2.36 times, Zr – up to 2.81 times, Cr – up to 3.44 times, Zn – up to 4.98 times, Fe – up to 6.83 times, Pb – up to 15.19 times, Cu – up to 18.87 times. In terms of the total pollution index, the soils near the bypass road, motorway E40 (M-11) and the railway station Horodok-Lvivskiyi experienced the greatest anthropogenic impact.

Conclusion. The problem of soil pollution within urban agglomerations, active urbanization and technogenesis, industrial development and intensive development of transport infrastructure contribute to an increase in anthropogenic pressure on urban areas.

Keywords: standardization of the ecological state of the environment, ecological safety, soils, heavy metals, MPC, environmental pollution

Вступ. Проблема зміни якості ґрунтового середовища є однією із основних загроз для екосистеми та населення, адже внаслідок тривалих і інтенсивних антропогенних впливів на ґрунти, особливо в межах міських урбоекосистем спостерігається активізація деградаційних процесів [1].

Екологічний стан ґрунтів в межах міських територій потребує значної уваги, адже вплив транспорту, промисловості, процесів будівництва чинить постійне навантаження на ґрунтову систему, що призводить до зміни практично всіх її компонентів. Забруднення ґрунту порушує його природний стан, гальмує ґрунтоутворювальний процес, різко знижує продуктивність, викликає накопичення отруйних речовин у рослинах, що призводить до регресу та загибелі урбофітоценозу. Внаслідок техногенного забруднення значну небезпеку становить неконтрольоване надходження важких металів (ВМ), яке призводить до значного погіршення якості міських ґрунтів, порушення в структурі комплексу ґрунтових мікроорганізмів, пригнічення їх біохімічної діяльності [2-5].

ВМ присутні у ґрунті як природні домішки, а причини підвищення їх концентрації пов'язані з діяльністю людини. Упродовж останніх десятиліть у зв'язку з бурхливим розвитком промисловості, транспортної інфраструктури, спалюванням вихисного палива та відходів спостерігається значне зростання їх вмісту у компонентах біосфери [6-9] що, як наслідок, може становити загрозу здоров'ю людини.

ВМ здатні накопичуватися в ґрунтах, передусім у їхньому верхньому гумусовому горизонті, й досить повільно виводяться шляхом вилугування, поглинання кореневою системою рослин, завдяки ерозії та дефляції. Саме тому виникає необхідність в проведенні екологічної оцінки забруднення ВМ міських ґрунтів, що має велике науково-практичне значення для забезпечення норм екологічної безпеки для населення при функціонуванні урбоекосистем [10].

Загальновідомо, що викиди автомобільного та залізничного транспорту не лише спричиняють забруднення атмосферного повітря [11], але й призводять до забруднення ВМ та їх акумуляції в рослинах. Відповідні дослідження представлено в ряді наукових праць [12-19], за результатами яких виявлено перевищення вмісту ВМ (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Co і Zn та ін.) у ґрунтах, рослинах та воді в межах досліджуваних ділянок. Тому оцінка екологічного стану ґрунтового покриву в міському середовищі є актуальним та важливим завданням.

Метою роботи є аналіз сучасного стану та проведення екологічної оцінки ґрунтів м. Городок Львівської області.

Методи досліджень. Методика відбору зразків ґрунту. Географічно м. Городок розташоване за 20 км на захід від Львова, через місто проходять важлива міжнародна автомагістраль Львів-Перемишль Е-40 (М-11) та залізничний шлях (Київ-Львів-Перемишль) транспортне навантаження на які суттєво збільшилося після повномасштабного вторгнення у лютому 2022 року. Це зумовило вибір точок дослідних ділянок (рис. 1).

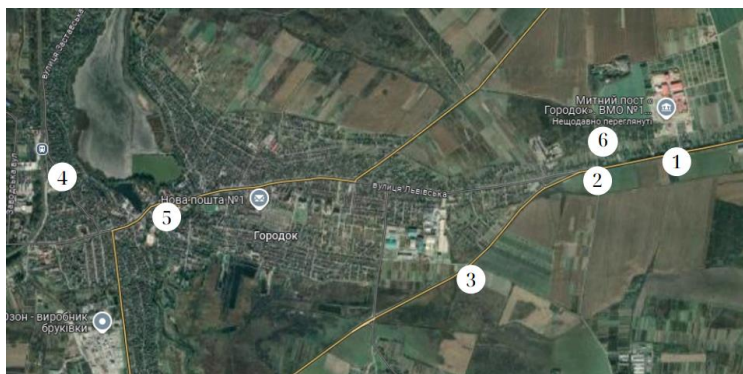


Рисунок 1 – Карта-схема точок відбору проб ґрунту: 1 – митний пост «Городок», вул. Львівська, 659А; 2 – об'їзна дорога, автошлях Е-40 (М-11); 3 – ТзОВ «Яблуневий дар», вул. Львівська, 274А; 4 – залізничний вокзал Городок-Львівський; 5 – центральна частина м. Городок (сквер); 6 – ґрунт з присадибної ділянки (створено за допомогою Google Maps)

Грунтові зразки відбирали із глибини біотично активного, гумусо-акумулятивного горизонту (0-20 см). Для відбору проб було підбрано 6 експериментальних ділянок, на котрих було відібрано зразки ґрунту методом конверту, який полягає у відборі п'яти проб по кутах умовного конверта розміром 1 м × 1 м та в центральній частині представницької ділянки на пробному майданчику. Об'єднану пробу склали змішуванням п'яти точкових проб, взятих з одного майданчика. Маса об'єднаної проби становила не менше 1 кг, в лабораторії проби довели до повітряно-сухого стану в кімнатних умовах. Зразок ґрунту, висушений при кімнатній температурі, насипали на чистий аркуш паперу, видаляли дрібні камінчики, частинки рослин та інші включення, більші грудки ґрунту розтирали у фарфоровій ступці та змішували з основним ґрунтом, після чого пропускали через сито з діаметром пор 4 мм, оброблені зразки запаковували в паперові пакети.

Методика визначення компонентного складу ґрунтів. Для вимірювання вмісту досліджуваних елементів зразки ґрунту готували для аналізу згідно з ДСТУ ISO 11464:2007. Ретельно перемішаний ґрунт засипали на чистий квадратний папір і ділили шпателем на чотири рівні частини. Дві протилежні частини були відкинуті, а дві, що залишилися, були об'єднані, перемішані та взяті для подальшого аналізу. Цей усереднений зразок додатково просівали (розмір пор 0,25 мм), більші частки подрібнювали за необхідності. досліджували вміст елементів в ґрунті методом рентгенофлуоресцентного аналізу за допомогою аналізатора Elvax Light SDD. Пристрій може виявляти хімічні елементи в діапазоні від ^{11}Na до ^{92}U з високою точністю (0,01%). Час збору даних становив 2×180 с для всіх зразків. Межі абсолютної похибки вимірювання становили $\pm 0,05-0,2$ % (час одного вимірювання 180 с). Для кожного зразка було проведено три паралельні вимірювання. Концентрацію досліджуваних елементів у зразках ґрунту визначали в мг/кг. Для аналізу ґрунту зразки (~2 г) поміщали на прозору для

рентгенівських променів ультратонку (4 мкм) поліпропіленову плівку (входить у комплект поставки приладу) та акуратно переносили в прилад, де проводили вимірювання, методика більш детально викладена в [20].

Оцінка екологічного стану ґрунтів проводилась шляхом порівняння фактичних значень концентрації досліджуваних зразків із ГДК валової форми згідно з [21] та фоновими концентраціями (кларками) для досліджуваного регіону згідно з [22]. Рівень забруднення ґрунту оцінювали використовуючи коефіцієнт концентрації хімічного елемента (K_c). Оскільки ґрунти доволі часто забруднені кількома елементами, то для них розраховують сумарний показник забрудненості (Z_c) за методикою Ю.С. Саста, яка більш детально описана в роботах [23, 24].

Коефіцієнт концентрації визначають як відношення реального вмісту хімічного елемента в ґрунті до фонового вмісту цього ж елемента за формулою (1) [23, 24]:

$$K_c = \frac{C_i}{C_\phi} \quad (1)$$

де C_i – вміст хімічного елемента в конкретному об'єкті, мг/кг; C_ϕ – фоновий вміст хімічного елемента у ґрунті, мг/кг.

Сумарний показник забрудненості, що відображає комплексний ефект впливу всієї групи досліджуваних елементів та обчислюється за формулою (2) [23, 24]:

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_{C_i} \right) - (n - 1) \quad (2)$$

де Z_c – сумарний показник забрудненості ґрунтів; K_{C_i} – коефіцієнт концентрації i -того хімічного елемента у пробі ґрунту; n – кількість врахованих хімічних елементів.

Оцінюється небезпечність забруднення ґрунтів комплексом хімічних елементів за показником Z_c за оціночною шкалою, градація якої розроблена на підставі вивчення стану здоров'я населення, яке мешкає на територіях з різними рівнями забрудненості ґрунтів (за табл. 1.)

Таблиця 1

Орієнтовна оціночна шкала небезпечності забруднення ґрунтів за сумарним показником Z_c [23, 24]

Категорія забруднення ґрунту	Z_c	Зміна показників якості здоров'я мешканців у зонах забруднення ґрунтів
Допустима	<16	Найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення
Помірно небезпечна	16-32	Підвищення загального рівня захворюваності
Небезпечна	32-128	Підвищення загального рівня захворюваності, кількості дітей, які часто хворіють, дітей з хронічними захворюваннями, порушення функцій серцево-судинної системи

Категорія забруднення ґрунту	Z_c	Зміна показників якості здоров'я мешканців у зонах забруднення ґрунтів
Дуже небезпечна	>128	Підвищення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції у жінок (збільшення випадків токсикозу під час вагітності, передчасних пологів, мертвороджених, гіпотрофій немовлят)

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідження вмісту типових біогенних елементів, таких як Mg, P, S, K та Ca у ґрунтах (табл. 2) є дуже важливим для оцінки загального стану ґрунтів. Відомо, що середній вміст Mg ґрунтах становить 6 300 мг/кг, P – 800 мг/кг та S – 850 мг/кг. Al, Fe, Ca, Mg, K відносяться до типових мікроелементів, а кількість Ti, Mn, P та S у ґрунтах змінюється від сотих до десятих часток відсотка, за вмістом їх зачисляють до перехідної групи між макро- і мікроелементами. В ході досліджень виявлено, що вміст Mg у ґрунтах, відібраних біля присадибної ділянки та Митного посту «Городок» перевищує його середній вміст у 1,2-1,25 раза. Серед інших хімічних елементів Al посідає третє місце за вмістом та належить до типових макроелементів, відіграючи важливу

конституційну роль у ґрунті. Вміст Al у досліджуваних зразках коливається від 46,36 до 54,03 г/кг. Вміст P перевищує середній від 1,16 раза на ділянці Митний пост «Городок» до 9,33 раза біля Залізничного вокзалу. Вміст K коливається в межах від 13,77 г/кг до 19,77 г/кг, а Ca від 21,93 г/кг до 88,12 мг/кг у ґрунті відібраному біля об'їзної дороги у м. Городок.

Досліджувані ґрунти характеризуються підвищеним вмістом S відносно ГДК (160 мг/кг) [21] та перевищує допустимі значення: у 1,33 раза на ділянці – Митний пост «Городок» та на присадибній ділянці, у 5,27 раза у сквері, в 5,8 раза – у ґрунті біля об'їзної дороги, проте найбільшого значення сягає у ґрунті, відібраному біля залізничного вокзалу, де перевищує норму у 11,92 раза.

Таблиця 2

Вміст основних біогенних елементів у ґрунтах м. Городок, мг/кг

№ з/п	Елемент	Місце відбору проб ґрунту (опис точок згідно з рис. 1)					
		1	2	3	4	5	6
1	Mg	7 826,4 ± 1 518,6	5 012,1 ± 1 683,2	7 011,4 ± 1 377,9	5 367,7 ± 2 044,1	5 445,8 ± 1 601,1	7 540,9 ± 1 388,3
2	Al	53 945,6 ± 990,7	46 369,8 ± 978,6	53 499,3 ± 931,6	50 219,8 ± 1201,2	47 533,6 ± 949,5	54 038,0 ± 940,2
3	Si	36 3053,1 ± 1171,3	33 4208,9 ± 1254,6	37 4609,6 ± 1109,6	31 2832,2 ± 1150,2	33 4060,6 ± 1245,8	36 9755,4 ± 1103,0
4	P	928,9 ± 668,1	2 435,5 ± 676,4	< 621,6*	7467,9 ± 803,8	2 048,5 ± 665,1	3 038,7 ± 635,8
5	S	212,8 ± 49,9	933,7 ± 60,1	110,4 ± 45,6	1 908,1 ± 80,6	843,8 ± 59,2	214,3 ± 46,6
6	K	19 773,9 ± 1 531,4	13 779,9 ± 1 502,4	16 935,9 ± 1 656,8	14 184,1 ± 1 603,8	14 235,6 ± 1 514,3	17 833,4 ± 1 552,3
7	Ca	34 791,0 ± 1 055,4	88 123,4 ± 1 237,1	22 338,1 ± 980,0	31 945,8 ± 1 062,8	87 423,8 ± 1 280,9	21 938,6 ± 964,4

Примітка: * – елемент відсутній у досліджуваній пробі.

Вивчення та аналіз вмісту таких металів, як Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Cd, Pb, Ti, Rb, Y та Sr (табл. 3) доцільно проводити насамперед у зв'язку з хімічним забрудненням та погіршенням якості

ґрунтів в техногенно навантажених територіях. Результати отриманих лабораторних досліджень стану ґрунтів м. Городок відіграють важливу роль для оцінки екологічного стану міста.

Таблиця 3

Вміст металів у ґрунтах м. Городок, мг/кг

№ з/п	Елемент	Фоновий вміст елемента в ґрунті, мг/кг [22]	Місце відбору проб ґрунту (опис точок згідно з рис. 1)					
			1	2	3	4	5	6
1	Cr	51	95,9 ± 65,3	123,0 ± 73,6	100,4 ± 66,9	175,6 ± 94,7	< 77,7**	138,5 ± 65,1
2	Mn	735	660,9 ± 55,8	705,1 ± 57,7	530,4 ± 52,7	1723,3 ± 88,6	721,9 ± 59,9	593,6 ± 53,3
3	Fe	13 778	16 301,6 ± 145,4	23 732,5 ± 189,5	17 540,9 ± 150,2	94 149,3 ± 452,6	23 232,8 ± 188,9	16 972,3 ± 144,9
4	Ni	26	17,2 ± 12,5	16,5 ± 14,5	19,2 ± 13,4	42,8 ± 25,0	19,0 ± 14,7	17,5 ± 12,2
5	Cu	20	17,3 ± 8,5	37,1 ± 10,0	16,6 ± 8,6	377,5 ± 21,5	40,6 ± 10,5	20,4 ± 8,4
6	Zn	52	59,4 ± 7,0	141,6 ± 9,5	43,4 ± 6,7	259,0 ± 16,0	150,1 ± 10,0	138,7 ± 8,3
7	Rb	150*	64,0 ± 2,4	56,7 ± 2,6	67,4 ± 2,5	70,8 ± 3,9	59,5 ± 2,7	70,1 ± 2,5
8	Sr	119	107,6 ± 2,7	167,2 ± 3,5	93,7 ± 2,6	281,4 ± 5,6	175,5 ± 3,6	116,1 ± 2,8
9	Y	29*	21,1 ± 2,2	15,3 ± 2,4	22,7 ± 2,3	29,7 ± 3,6	16,0 ± 2,5	23,5 ± 2,3
10	Zr	170*	400,2 ± 4,8	290,9 ± 4,8	405,5 ± 4,9	396,3 ± 7,0	304,7 ± 4,9	478,3 ± 5,2
12	Cd	0,13*	< 11,8**	12,4 ± 13,1**	< 12,1**	11,7 ± 18,0***	13,8 ± 13,5***	< 11,5**
13	Pb	11	20,2 ± 4,1	60,6 ± 5,5	16,0 ± 4,0	167,1 ± 10,2	66,8 ± 5,9	28,9 ± 4,3

Примітка: * – кларкове чисто хімічного елемента за Виноградим А.П. (1962 р);

** – елемент відсутній у досліджуваній пробі;

*** – концентрація металу в пробі нижча від визначуваного мінімуму (похибка більша за значення).

Результати розрахунку коефіцієнта Городок, згідно з формулою (1) та (2), концентрації (K_c) досліджуваних елементів та представлені у таблиці 4. сумарного показника забруднення ґрунтів (Z_c) м.

Таблиця 4

Коефіцієнт концентрації досліджуваних елементів у досліджуваних ґрунтах

№ з/п	Елемент	Коефіцієнт концентрації (K_c) елемента на досліджуваних ділянках					
		1	2	3	4	5	6
1	Cr	1,88	2,41	1,96	3,44	-	2,71
2	Mn	0,89	0,95	0,72	2,34	0,98	0,80
3	Fe	1,18	1,72	1,27	6,83	1,69	1,23
4	Ni	0,66	0,63	0,73	1,64	0,73	0,67
5	Cu	0,86	1,85	0,83	18,87	2,03	1,02
6	Zn	1,14	2,72	0,83	4,98	2,88	2,66
7	Rb	0,42	0,37	0,44	0,47	0,39	0,46
8	Sr	0,90	1,40	0,78	2,36	1,47	0,97
9	Y	0,72	0,52	0,78	1,02	0,55	0,81
10	Zr	2,35	1,71	2,38	2,33	1,79	2,81
12	Pb	1,83	5,50	1,45	15,19	6,07	2,62
Сумарний показник забруднення ґрунтів (Z_c)		2,88	9,83	2,22	49,51	8,6	6,8

Охарактеризуємо поширення хімічних елементів, концентрація яких суттєво перевищує середні значення для регіону досліджень.

Вміст Cr у відібраних зразках ґрунту коливається в межах від 95,9 до 175,6 мг/кг перевищуючи його фонові значення практично в усіх зразках, при цьому коефіцієнт концентрації коливається в межах від 1,88 у ґрунтах, відібраних біля Митного посту «Городок», до 3,44 – біля залізничного вокзалу. Фоновий вміст Mn становить 735 мг/кг, кларк за Виноградом – 850 мг/кг, у досліджуваних зразках його вміст коливається від 530,4 до 1723,3 мг/кг, перевищуючи ГДК (1500 мг/кг) [21] у 1,15 раза та фоновий вміст у 2,4 раза у ґрунті, відібраному біля залізничного вокзалу.

Кларк Fe за Виноградом – 38 000 мг/кг, проте його фоновий вміст у ґрунтах в межах досліджуваної ділянки становить 13 778 мг/кг. В ході проведених досліджень виявлено, що коефіцієнт концентрації Fe у ґрунтах м. Городок коливається від 1,18 біля Митного посту «Городок» до 6,83 – біля залізничного вокзалу.

Вміст Ni у ґрунтоутворних породах України та кларк за Виноградом становить 40 мг/кг, фоновий вміст – 26 мг/кг. Встановлено, що у ґрунті, відібраному біля залізничного вокзалу, коефіцієнт концентрації становить 1,64. Середній вміст Cu у ґрунтоутворних породах України та для досліджуваних ґрунтів – 20 мг/кг. Коефіцієнт концентрації Cu у досліджуваних зразках коливається від 0,83 у ґрунтах біля ТзОВ «Яблуневий дар» до 18,9 у ґрунті, відібраному біля залізничного вокзалу.

У ґрунтоутворних породах України вміст Zn в середньому становить 50 мг/кг, фоновий вміст – 52 мг/кг. Коефіцієнт концентрації Zn в досліджуваних зразках коливається в межах від 0,83 до 4,98. Кларк Sr за Виноградом становить 300 мг/кг, фоновий вміст для досліджуваних ґрунтів – 119 мг/кг. В межах м. Городок виявлений вміст Sr коливається від 93,7 до 281,4 мг/кг, коефіцієнти концентрації коливаються від 0,78 біля ТзОВ «Яблуневий дар» до 2,36 біля залізничного вокзалу.

Вміст Zr у досліджуваних зразках ґрунту коливається від 290,9 до 478,3 мг/кг, кларкове число за Виноградом становить 170 мг/кг. За результатами проведених досліджень встановлено, що коефіцієнт концентрації Zr коливається від 1,71 до 2,81. Кларк Pb за Виноградом становить 12 мг/кг, фоновий вміст для досліджуваних ґрунтів – 11 мг/кг, коефіцієнт концентрації Pb у досліджуваних зразках коливається від 1,45 до 15,19, слід відзначити, що вміст свинцю від 1,89 до 5,55 раз перевищує ГДК (32,0 мг/кг) [21]. Найбільший вміст Pb виявлено

ґрунтах, відібраних біля об'їзної дороги, у сквері та біля залізничного вокзалу.

Згідно з орієнтовною оціночною шкалою небезпеки забруднення ґрунтів за сумарним показником забруднення (Z_c) встановлено, що до допустимої категорії забруднення відносяться ґрунти, відібрані в межах ТзОВ «Яблуневий дар» ($Z_c = 2,22$), митного посту «Городок» ($Z_c = 2,88$), присадибної ділянки ($Z_c = 6,8$), центральної частина м. Городок (сквер) ($Z_c = 8,6$), об'їзної дороги (автошлях Е-40 (М-11)) ($Z_c = 9,83$). До небезпечної категорії забруднення відноситься ґрунти, відібрані біля залізничного вокзалу Городок-Львівський ($Z_c = 49,51$).

Висновки. В ході проведених досліджень було визначено вміст основних біогенних елементів та ВМ у ґрунтах м. Городок. Встановлено, що концентрація Mn, S та P перевищує їх середній вміст у ґрунтах, а вміст таких металів як Cr, Fe, Cu, Zn, Sr, Zr та Pb перевищує фоновий вміст для досліджуваної території. В ході розрахунків встановлено, що коефіцієнт концентрації Rb коливається від 0,37 до 0,47, Y – від 0,52 до 1,02, Mn – від 0,72 до 2,34, Sr – від 0,90 до 2,36, Zr – від 1,71 до 2,81, Cr – від 1,88 до 3,44, Zn – від 0,83 до 4,98, Fe – від 1,18 до 6,83, Pb – від 1,83 до 15,19, Cu – від 0,83 до 18,87. Отримані результати свідчать про перевищення фонових концентрацій та ГДК, що підтверджує значний антропогенний вплив на ґрунти м. Городок. За сумарним показником забруднення ґрунтів та оціночною шкалою їх небезпеки забруднення ґрунтів збільшується в ряді: ТзОВ «Яблуневий дар» – Митний пост «Городок» – присадибна ділянка – центральна частина м. Городок (сквер) – об'їзна дорога, автошлях Е-40 (М-11) – залізничний вокзал Городок-Львівський.

Список літератури:

1. Самохвалова В. Л., Фатєєв А. І., Найдьонова О. Є. Аналіз стану забруднених важкими металами ґрунтів за окремими біохімічними показниками. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2008. Вип. 22. С. 143–151.
2. Скок С. В. Просторова неоднорідність забруднення ґрунтів міських систем важкими металами. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. №3 (73). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.005>
3. Хохрякова А. І. ґрунти міст: особливості генезису, класифікації та діагностики. Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки». 2016. Т. 21. Вип. 1. С. 110–125.
4. Демідова Н. В., Петренко С. В. Екологічний стан ґрунтів і рослин у місті

- Маріуполь. Молоді вчені: гіпотези, проекти, дослідження. Збірник наукових праць. Старобільськ, 2017. С. 12–16.
5. Жуков М., Стахів І., Клипа А. Забруднення ґрунтів м. Києва важкими металами на основі моделювання розподілів вмісту. *Геолог України*. 2013. 2 (42). С. 112–116.
6. Kochmar I., Karabyn V., Karabyn O. Lead speciation in the technogenesis zone of coal mining sites (case of Vizeyska mine of Chervonohrad mining area, Lviv region, Ukraine). *Petroleum and Coal*. 2022. Vol. 64. Issue 2. P. 445–454.
7. Kochmar I., Karabyn V., Stepova K., Stadnik V., Sozansky M. Thermal Impact on Heavy Metal Bioavailability in Burnt Rocks of Waste Heap of Chervonohradska Coal-preparation Plant (Lviv Region, Ukraine). *Geomatics and Environmental Engineering*. 2024. 18(1). 117–133. <https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.1.117>
8. Копилов В. П., Попович В. В. Вміст важких металів у воді та едафотопак берегової зони ріки Стир. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2024. № 29. С. 5–11. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.01>,
9. Popovych V., Stepova K., Voloshchysyn A., Bosak P. Physico-Chemical Properties of Soils in Lviv Volyn Coal Basin Area. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 105. P. 02002. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502002>
10. Яковишина Т. Ф. Екологічна оцінка поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів м. Дніпропетровська. *Вісник Криворізького національного університету*. 2016. Вип. 41. С. 78–83.
11. Кузик А. Д., Думас І. З., Олійник О. Т. Забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом на в'їздах до м. Львова. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2024. № 29. С. 12–23. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.02>
12. Луцишин О. Г., Радченко В. Г., Палапа Н. В., Яворовський П. П. Моніторинг забруднення систем ґрунт-рослина фітотоксичними елементами в зелених зонах м. Київ. *Доповіді Національної академії наук України*. 2010. № 2. С. 194–199.
13. Поліщук О., Лесів М., Антоняк Г. Вплив транспортного навантаження на акумуляцію металів у рослинах на території м. Львова. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2020. Вип. 82. С. 101–109.
14. Купчик О. Ю. Визначення кореляції між вмістом важких металів у продуктах рослинництва та ґрунті при екологічному моніторингу. *Науково-технічний журнал*. 2016. № 1 (13). С. 85–91.
15. Войтюк Ю. Ю., Кураєва І. В., Самчук А. І., Манічев В. Й. Вплив діяльності підприємств чорної металургії на вміст і форми знаходження важких металів у об'єктах навколишнього середовища. *Мінералогічний журнал*. 2011. Т. 33, № 3. С. 77–83.
16. Ткачук О. П., Петровець В. А. Вплив викидів автомобільного транспорту на накопичення важких металів у ґрунті. *Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej "Naukowe Wyszukaj"* (30.10.2015 - 31.10.2015). Warszawa. Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2015. С. 20–23.
17. Самарська А. В., Зеленько Ю. В. Оцінка впливу залізничного транспорту на накопичення важких металів у ґрунтах. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. № 4 (76). С. 25–35.
18. Поліщук О. І., Антоняк Г. Л. Вплив транспортного навантаження на елементний склад ґрунту у приміській зоні м. Львова. *Екологічні науки*. 2021. №5(38). С. 81–86.
19. Bosak P., Lukyanchuk N., Pinder V., Shukel I., Popovych V. Performance analysis of protective functions of forest plantations of the Lviv railway line (Ukraine). *Ecological Questions*. 2023. 34 (3). P. 1–18. <https://doi.org/10.12775/EQ.2023.031>
20. Pidlisnyuk V., Mamirova A., Pranaw K., Stadnik V., Kuráň P., Trögl J., Shapoval P. *Miscanthus × giganteus* Phytoremediation of Soil Contaminated with Trace Elements as Influenced by the Presence of Plant Growth-Promoting Bacteria. *Agronomy*. 2022. 12. 771. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040771>
21. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text> (дата звернення: 09.09.2024)
22. Фатєєв А. І., Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. *Харків: Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського*, 2003. 72 с.
23. Чайка О. Г., Мацьків О. О., Стокалюк О. В., Руда М. В. Дослідження вмісту важких металів у ґрунті на прилеглих територіях автозаправних станцій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 10. С. 62–65. <https://doi.org/10.15421/40281013>
24. Маджд С. М., Бовсуновський Є. О., Тагачинська О. В. Наукові методи контролю якості ґрунтів як індикатора екологічної небезпеки на техногенно навантажених територіях. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 2(1). С. 115–121.

References:

1. Samokhvalova V. L., Fatieiev A. I., Naidonova O. Ye. (2008). Analiz stanu zabrudnenykh vazhkymy metalamy gruntiv za okremymy biokhimichnymy pokaznykamy [Analysis of the state of soils contaminated with heavy metals by individual biochemical indicators]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii Biologichna*, 22, 143-151 [in Ukrainian].
2. Skok S. V. (2018). Prostorova neodnorodnist zabrudnennia gruntiv miskykh system vazhkymy metalamy [Spatial heterogeneity of soil contamination of urban systems with heavy metals]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 3, 73. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.005> [in Ukrainian].
3. Khokhriakova A. I. (2016). Grunty mist: osoblyvosti henezysu, klasyfikatsii ta diahnozyky [Urban soils: features of genesis, classification and diagnostics]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Serii «Heohrafichni ta heolohichni nauky»*, 21, 1, 110-125 [in Ukrainian].
4. Demidova N. V., Petrenko S. V. (2017). Ekolohichni stan gruntiv i roslyn u misti Mariupol [Ecological condition of soils and plants in the city of Mariupol]. *Molodi vcheni: hipotezy, proekty, doslidzhennia. Zbirnyk naukovykh prats. Starobilsk*, 12-16 [in Ukrainian].
5. Zhukov M., Stakhiv I., Klypa A. (2013). Zabrudnennia gruntiv m. Kyieva vazhkymy metalamy na osnovi modeliuвання rozpodiliv vmistu [Soil contamination of Kyiv with heavy metals based on modeling of content distributions]. *Heoloh Ukrainy*, 2 (42), 112-116 [in Ukrainian].
6. Kochmar I., Karabyn V., Karabyn O. (2022). Lead speciation in the technogenesis zone of coal mining sites (case of Vizeyska mine of Chervonohrad mining area, Lviv region, Ukraine). *Petroleum and Coal*, 64, 2, 445-454.
7. Kochmar I., Karabyn V., Stepova K., Stadnik V., Sozansky M. (2024). Thermal Impact on Heavy Metal Bioavailability in Burnt Rocks of Waste Heap of Chervonohradska Coal-preparation Plant (Lviv Region, Ukraine). *Geomatics and Environmental Engineering*, 18(1), 117-133. <https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.1.117>
8. Kopylov V. P., Popovych V. V. (2024). Vmist vazhkykh metaliv u vodi ta edafotopakh berehovoï zony riky Styr [The content of heavy metals in water and edaphotops of the coastal zone of the Styr River]. *Visnyk Lvivskoho derzhavnogo universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*, 29, 5-11. doi.org/10.32447/20784643.29.2024.01 [in Ukrainian].
9. Popovych V., Stepova K., Voloshchysyn A., Bosak P. (2019). Physico-Chemical Properties of Soils in Lviv Volyn Coal Basin Area. *E3S Web of Conferences*, 105, 02002. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502002>
10. Iakovyshyna T. F. (2016). Ekolohichna otsinka polielementnoho zabrudnennia vazhkymy metalamy gruntiv m. Dnipropetrovska [Ecological assessment of polyelemental heavy metal pollution of soils in the city of Dnipropetrovsk]. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu*, 41, 78-83 [in Ukrainian].
11. Kuzyk A. D., Dumas I. Z., Oliinyk O. T. (2024). Zabrudnennia atmosferneho povitria avtomobilnym transportom na vizdakh do m. Lvova [Air pollution by road transport at the entrances to the city of Lviv]. *Visnyk Lvivskoho derzhavnogo universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*, 29, 12-23. doi.org/10.32447/20784643.29.2024.02 [in Ukrainian].
12. Lutsyshyn O. H., Radchenko V. H., Palapa N. V., Yavorovskyi P. P. (2010). Monitorynh zabrudnennia system hrunt-roslyna fitotoksychnymy elementamy v zelenykh zonakh m. Kyiv [Monitoring of contamination of soil-plant systems with phytotoxic elements in green areas of Kyiv.]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, 2, 194-199 [in Ukrainian].
13. Polishchuk O., Lesiv M., Antoniuk H. (2020). Vplyv transportnoho navantazhennia na akumulatsiiu metaliv u roslynakh na terytorii m. Lvova [The impact of transport load on the accumulation of metals in plants in the territory of Lviv]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna*, 82, 101-109 [in Ukrainian].
14. Kupchuk O. Yu. (2016). Vyznachennia koreliatsii mizh vmistom vazhkykh metaliv u produktakh roslynnytstva ta grunti pry ekolohichnomu monitorynhu [Determination of the correlation between the content of heavy metals in crop products and soil during ecological monitoring]. *Naukovo-tekhnichnyi zhurnal*, 1 (13), 85-91 [in Ukrainian].
15. Voitiuk Yu. Yu., Kuraieva I. V., Samchuk A. I., Manichev V. Y. (2011). Vplyv diialnosti pidpriemstv chornoï metalurhii na vmist i formy znakhodzhennia vazhkykh metaliv u ob'ektakh navkolyshnoho seredovyscha [The impact of the activities of ferrous metallurgy enterprises on the content and forms of heavy metals in environmental objects]. *Mineralohichni zhurnal*, 33, № 3, 77-83 [in Ukrainian].
16. Tkachuk O. P., Petrovets V. A. (2015). Vplyv vykydiv avtomobilnoho transportu na nakopychennia vazhkykh metaliv u grunti [The impact of road transport emissions on the accumulation of heavy metals in soil]. *Zbiór artykułów naukowych. Konferencja Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej "Naukowe Wyszukaj"* (30.10.2015 - 31.10.2015). Warszawa. Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 20-23 [in Ukrainian].

17. Samarska A. V., Zelenko Yu. V. (2018). Otsinka vplyvu zaliznychnoho transportu na nakopychennia vazhkykh metaliv u gruntakh [Assessment of the impact of railway transport on the accumulation of heavy metals in soils]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu*, 4 (76), 25-35 [in Ukrainian].
18. Polishchuk O. I., Antoniuk H. L. (2021). Vplyv transportnoho navantazhennia na elementnyi sklad gruntu u prymiskii zoni m. Lvova [The influence of transport load on the elemental composition of soil in the suburban zone of Lviv.]. *Ekolohichni nauky*, 5(38), 81–86 [in Ukrainian].
19. Bosak P., Lukyanchuk N., Pinder V., Shukel I., Popovych V. (2023). Performance analysis of protective functions of forest plantations of the Lviv railway line (Ukraine). *Ecological Questions*, 34(3), 1-18. <https://doi.org/10.12775/EQ.2023.031>
20. Pidlisnyuk V., Mamirova A., Pranaw K., Stadnik V., Kurán P., Trögl J., Shapoval P. (2022). *Miscanthus × giganteus* Phytoremediation of Soil Contaminated with Trace Elements as Influenced by the Presence of Plant Growth-Promoting Bacteria. *Agronomy*, 12, 771. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040771>
21. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 14.07.2020 № 1595 «Pro zatverdzhennia Hihienichnykh rehlamentiv dopustymoho vmistu khimichnykh rehovyn u grunti» [On approval of Hygienic Regulations for the permissible content of chemical substances in soil]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text> (data zvernennia: 09.09.2024) [in Ukrainian].
22. Fatieiev A. I., Pashchenko Ya. V. (2003). Fonovyi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy [Background content of trace elements in soils of Ukraine]. Kharkiv: Instytut hruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho [in Ukrainian].
23. Chaika O. H., Matskiv O. O., Stokaliuk O. V., Ruda M. V. (2018). Doslidzhennia vmistu vazhkykh metaliv u grunti na prylehlykh terytoriiakh avtozapravnykh stantsii [Research on the content of heavy metals in the soil in the areas surrounding gas stations]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 28 (10), 62-65. <https://doi.org/10.15421/40281013> [in Ukrainian].
24. Madzhd S. M., Bovsunovskyi Ye. O., Tahachynska O. V. (2016). Naukovi metody kontroliu yakosti gruntiv yak indykatora ekolohichnoi nebezpeky na tekhnohenno navantazhenykh terytoriiakh [Scientific methods of soil quality control as an indicator of environmental hazard in technogenically loaded territories]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho*, 2(1), 115-121 [in Ukrainian].

© I. М. Кочмар, X. В. Левинська, 2024.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 15.11.2024.

Прийнято до публікації 18.12.2024.