



УДК 540.064.2

**CITY SOIL POLLUTION RESEARCH ON THE EXAMPLE OF
IVANO-FRANKIVSK
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ МІСТА НА ПРИКЛАДІ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА**

Krykhivskiy M.V. / Крихівський М.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.***Mykhailiv V.I. / Михайлів В.І.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.**Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,**Ivano-Frankivsk, Karpatska, 15, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**Івано-Франківськ, Карпатська, 15, 76019*

Анотація. Дослідження рівня екологічної безпеки супроводжується великими обсягами інформації, що формується в результаті відбору й аналізу проб компонентів екосистем міст. Це і хімічний склад повітря, вод, ґрунтів. Останні є найбільш стабільними, тобто доволі довго зберігають свою хімічну структуру. Тому шляхом дослідження параметрів (характеристик) вказаних складових можна дати об'єктивну оцінку рівня екологічної безпеки у ракурсі впливу на здоров'я людей. У роботі проведено аналіз інформації про концентрації хімічних елементів в ґрунтах міста Івано-Франківськ. Запропоновано та проведено розрахунки нових чисельних показників рівня екологічної безпеки. Результати розрахунків вказують на проблемні зони міста з точки забруднення ґрунтів, що можуть мати негативний вплив на людей.

Ключові слова: екологічна безпека, забруднення ґрунтів, чисельні показники, екосистема, урбоекосистема.

Вступ.

Урбоекосистеми змінюються швидкими темпами. Тому актуальним є не тільки проведення моніторингових досліджень забруднення компонентів навколишнього середовища, а й їх системний аналіз та прогнозування стану екологічної безпеки. Оскільки екологічні дослідження супроводжуються великим об'ємом різнотипної інформації, доцільно розробляти чисельні показники рівня екологічної безпеки, інформаційно - аналітичні комп'ютерні системи оброблення екологічних даних для ефективного контролю за змінами довкілля в часі.

У роботі вирішується актуальне науково - практичне завдання чисельного оцінювання, прогнозування показників рівня екологічної безпеки та автоматизації прогнозування стану екосистем у людському вимірі.

Зразки ґрунтів відбиралися [1, 2] металевим стаканом діаметром 80-90 мм. Відбір проводився за методиками у відповідності до вимог ГОСТ 17.04.3.01-83 та 17.4.4.02-84 з урахуванням ґрунтової, ландшафтної та геоморфологічної карт міста для охоплення рівномірною мережею всіх типів ґрунтів. На ділянці розміром 5x5 м, яка знаходилась не менше ніж 50 м від дороги, відбирались зразки ґрунту, які об'єднувались в одну пробу. Якщо земля була непорушеною, то відбір здійснювався з глибини 10-20 см, інакше – з глибини 20-30 см. Із проби видалялись частини рослин та уламки порід. Вага проби становила 1,2-



1,5 кг.

Територіально проби [1] охоплювали все місто та прилеглі незаселені землі (рисунок 1). Аналіз виконувався рентгенофлюоресцентним методом приладом НАТ (аналізатором токсичних елементів) в Івано-Франківській обласній санітарно-епідеміологічній станції (аналітик В.П. Яворський), в Бюро мінеральних ресурсів Одеського національного університету (В.М. Кудрін, Т.О. Василіаді) та за допомогою плазмокванту Івано-Франківської державної медичної академії (Д.Д. Ганжа). Контрольні аналізи виконувались в лабораторії Державного управління екології та природних ресурсів в Івано-Франківській області методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії приладами Сумського приладобудівного об'єднання.

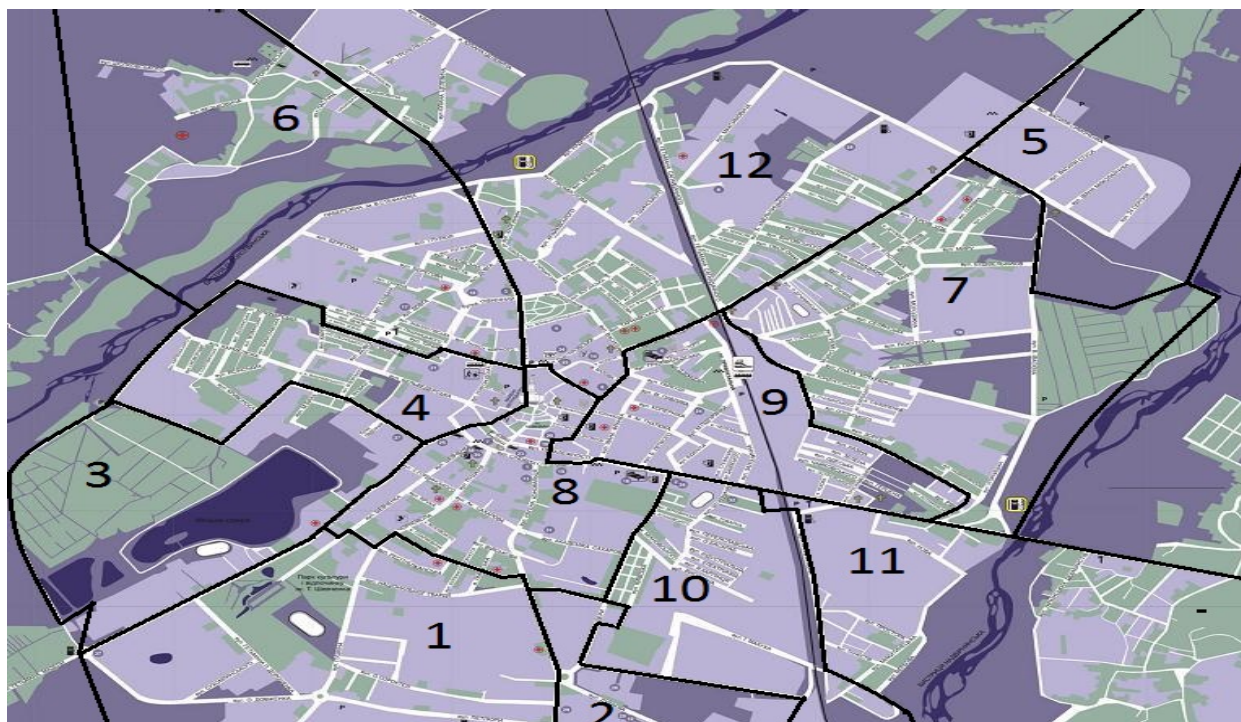


Рисунок 1 - Схема поділу території міста на екологічні дільниці

Джерело: [1]

Усього було відібрано й проаналізовано 202 проби (рисунок 2) та обчислено фонові вмісти досліджуваних хімічних елементів. Для подальшого дослідження було виділено проби за належністю до екологічних дільниць:

- дільниця № 1: 43, 46, 47, 48, 57, 58, 59, 149, 151, 153, 154, 155, 182, 183, 184, 185, 186, К11, К12, К13, К14, К23, К24;
- дільниця № 2: 55, 145, 148, 150, 170, К8, К25, К26;
- дільниця № 3: 44, 45, 137, 138, 160, 161, К22, К32, К33, К34;
- дільниця № 4: 27, 28, 104, 114, 115, 152, 159, 163, 181, К36, К37;
- дільниця № 5: 13, 14, 15, 16, 17, 124, 125, 126, К52, К53;
- дільниця № 6: 2, 25, 26, 29, 30, 103, 109, 110, 139, 157, 158, 162, 164, 178, К48;
- дільниця № 7: 18, 19, 31, 33, 34, 35, 36, 120, 122, 127, 165, 166, К40, К41, К42, К43, К44, К45;



- ділянка № 8: 41, 135, 136, 140, 141, 156, 168, 169, 171, K31;
- ділянка № 9: 32, 38, 40, 128, 129, 130, 134, 172, 173, K39;
- ділянка № 10: 39, 49, 50, 54, 60, 131, 132, 142, 143, 144, 146, 147, 175, 176, K30;
- ділянка № 11: 37, 52, 121, 133, 167, 177, O12, O13, O14, K27, K29;
- ділянка № 12: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20, 21, 22, 23, 24, 102, 179, 180, K38, K46, K47, K49, K50, K51.



Рисунок 2 - Розміщення проб територією міста Івано-Франківськ

Джерело: [1]

Наступні розрахунки проводились з середніми значеннями концентрацій хімічних елементів в ґрунтах екологічних ділянок. Результати розрахунків наведено в табл. 1.



Таблиця 1 – Середні значення вмісту хімічних елементів ґрунтів екологічних ділянок

Елементи	Hg	Be	Cd	Co	Pb	As
1	2	3	4	5	6	7
ЕД № 1	0,000304	0,192335	0,053139	0,756739	28,869565	0,436509
ЕД № 2	0,0001	0,112888	0,165125	2,353	41,825	0,26365
ЕД № 3	0,000682	0,081855	0,36	3,9183	29,1	0,145909
ЕД № 4	0,182818	0,000055	0,846273	0,189064	32,009091	0,2101
ЕД № 5	0,6103	0,00114	0,0125	0,00243	7,7	0,6404
ЕД № 6	1,187267	0,001693	0,1868	0,127807	28,966667	1,0806
ЕД № 7	0,001111	0,042184	0,303211	0,390947	28,847368	0,421368
ЕД № 8	0,0032	0,00048	1,2107	5,61	29,61	0,2115
ЕД № 9	0,0008	0,00183	1,65	0,005	39,73	0,0001
ЕД № 10	0,00015	0,907179	0,1695	5,057429	37,107143	1,100193
ЕД № 11	0,000764	0,882091	0,229455	1,745455	6,790909	1,290909
ЕД № 12	0,34475	0,000118	0,069357	0,048257	11,521429	1,321429
Елементи	Se	Cu	Cr	Zn	Fe	Al
ЕД № 1	0,006348	5,7	0,005565	31,486957	8,030435	0,947826
ЕД № 2	0,02925	2,225	0,000375	37,1375	9,0875	1,3125
ЕД № 3	0,000273	3,190909	0	13,381818	8,190909	0,954545
ЕД № 4	0,034818	7,857273	0,075455	16,472727	29,809091	6,290909
ЕД № 5	0,0607	2,19	0	9,55	11,58	1,35
ЕД № 6	0,054467	2,373333	0,01	13,626667	12,526667	1,953333
ЕД № 7	0,225526	6,473158	0	13,731579	10,642105	1,163158
ЕД № 8	0,0016	3,07	0	33,34	13,56	1,58
ЕД № 9	0,0018	1,318	0,012	5,46	15,03	1,83
ЕД № 10	0,003786	5,485714	0,006429	40,242857	21,914286	3,478571
ЕД № 11	0,128909	3,345455	0	5,372727	13,245455	1,409091
ЕД № 12	0,022393	4,299643	0,003214	28,996429	5,410714	1,032143

Авторська розробка

Розглянуто вплив концентрацій в ґрунтах міста Івано-Франківськ 12-ти хімічних елементів: Hg, Be, Cd, Co, Pb, As, Se, Cu, Cr, Zn, Fe, Al на захворюваність та смертність його населення. Перші два елемента відносяться до класу небезпеки I, наступні 5 – до II класу, наступні за ними 3 елемента – до класу небезпеки III, а 2 останніх відносять до IV класу небезпеки. Загальний показник, що враховує всі забруднювачі, називають сумарним коефіцієнтом комплексного забруднення і визначають формулою:

$$K_k = \sum_i \frac{C_i}{C_{ГДК}^i}, \quad (1)$$

де C_i , $C_{ГДК}^i$ – відповідно концентрація та гранично допустима концентрація i -го елемента.

Природний фон [3] кожного хімічного елемента на певній території визначається середнім арифметичним значенням із 2/3 проб цієї території, відкинувши з розгляду 1/3 проб порівну з найменшими та найбільшими значеннями. Важливою характеристикою розповсюдження елементів ґрунтами є їх середній вміст у літосфері (земній корі), який називають кларком, та



аномальна концентрація елемента C_a^i , яка в 3 рази перевищує його фонову концентрацію C_ϕ^i , тобто:

$$C_a^i = 3 \cdot C_\phi^i. \quad (2)$$

Про загальну характеристику забруднення можна робити висновки, визначивши сумарний коефіцієнт концентрації, який запропонований В.М. Гуцуляком [4], і знаходиться, як:

$$K_c = \sum_i \frac{C_i}{C_\phi^i}. \quad (3)$$

Вміст та природний фон вимірюються в мг/кг.

Кількісною оцінкою рівня екологічної безпеки життєдіяльності населення може бути концентраційний індекс безпеки життєдіяльності $KI_{бж}$, а кількісною оцінкою рівня екологічної безпеки природно-антропогенних геосистем – індекс екологічно безпечної концентрації $I_{ебк}$.

$KI_{бж}$ складається з концентраційних індексів кожного i -того забруднювача ($KI_{бж}^i$). Для розрахунків концентраційного індексу кожного i -того забруднювача використовуємо формулу:

$$KI_{бж}^i = \frac{C_{ГДК}^i - C_i}{C_\phi^i}. \quad (4)$$

Знак цього індексу інформує про перевищення (мінус) або не перевищення (плюс) гранично допустимої концентрації, а його абсолютне значення відображає співвідношення з регіональним фоном. Концентраційний індекс безпеки життєдіяльності $KI_{бж}$ буде обчислюватись формулою:

$$KI_{бж} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{ГДК}^i - C_i}{C_\phi^i}, \quad (5)$$

де n – кількість врахованих мікроелементів, концентрації яких можуть бути небезпечні.

Екологічно безпечна концентрація для існування геосистем мікроелементів, що перевищує фон, розташована між фоновим сумарним показником забруднення і екологічно небезпечним для існування геосистем рівнем концентрації забруднювачів, який у відповідності до одного із екологічних законів Н. Ф. Реймерса [5], складає десятивідсоткове перевищення фонових концентрацій, що викликає незворотні зміни компонентів довкілля.

Тому:

$$I_{ебк} = \sum_{i=1}^n \frac{(C_\phi^i - 0.1C_\phi^i) - C_i}{C_\phi^i}, \quad (6)$$

Фонові значення вмісту мікроелементів в ґрунтах міста Івано-Франківськ розрахуємо як середні значення із 2/3 кількості проб, відкинувши 1/3 найбільших та найменших значень. Результати (табл. 2) свідчать, що фонові значення концентрацій досліджуваних хімічних елементів в ґрунтах міста менші гранично допустимих концентрацій (ГДК), за винятком міді. Проте, її кларк значно більший від фонові концентрації, що вказує на невелику значущість цього перевищення.



Таблиця 2 – Фонові та аномальні концентрації в ґрунтах міста Івано-Франківськ

Елемент	Фон	Аномалія	ГДК	Кларк
Hg	0,000536	0,001607	2,1	0,08
Be	0,0006	0,0018	1,0	3,8
Cd	0,072626	0,217878	0,6	0,13
Co	0,198051	0,594153	5,0	18
Pb	16,91407	50,74222	32,0	12,5
As	0,417161	1,251484	1,0	1,7
Se	0,002104	0,006311	0,2	0,05
Cu	3,657037	10,97111	3,0	47
Cr	0	0	0,05	83
Zn	18,41185	55,23556	23,0	83
Fe	9,417778	28,25333	11,5	46500
Al	1,132593	3,397778	1,7	80500

Авторська розробка

Таблиця 3 – Порівняння середніх значень концентрацій

Елементи	Hg	Be	Cd	Co	Pb	As
1	2	3	4	5	6	7
ЕД № 1	0,000304	0,192335	0,053139	0,756739	28,869565	0,436509
ЕД № 2	0,0001	0,112888	0,165125	2,353	41,825	0,26365
ЕД № 3	0,000682	0,081855	0,36	3,9183	29,1	0,145909
ЕД № 4	0,182818	0,000055	0,846273	0,189064	32,009091	0,2101
ЕД № 5	0,6103	0,00114	0,0125	0,00243	7,7	0,6404
ЕД № 6	1,187267	0,001693	0,1868	0,127807	28,966667	1,0806
ЕД № 7	0,001111	0,042184	0,303211	0,390947	28,847368	0,421368
ЕД № 8	0,0032	0,00048	1,2107	5,61	29,61	0,2115
ЕД № 9	0,0008	0,00183	1,65	0,005	39,73	0,0001
ЕД № 10	0,00015	0,907179	0,1695	5,057429	37,107143	1,100193
ЕД № 11	0,000764	0,882091	0,229455	1,745455	6,790909	1,290909
ЕД № 12	0,34475	0,000118	0,069357	0,048257	11,521429	1,321429
ГДК	2,1	1	0,6	5	32	1
Кларк	0,08	3,8	0,13	18	12,5	1,7
Елементи	Se	Cu	Cr	Zn	Fe	Al
ЕД № 1	0,006348	5,7	0,005565	31,486957	8,030435	0,947826
ЕД № 2	0,02925	2,225	0,000375	37,1375	9,0875	1,3125
ЕД № 3	0,000273	3,190909	0	13,381818	8,190909	0,954545
ЕД № 4	0,034818	7,857273	0,075455	16,472727	29,809091	6,290909
ЕД № 5	0,0607	2,19	0	9,55	11,58	1,35
ЕД № 6	0,054467	2,373333	0,01	13,626667	12,526667	1,953333
ЕД № 7	0,225526	6,473158	0	13,731579	10,642105	1,163158
ЕД № 8	0,0016	3,07	0	33,34	13,56	1,58
ЕД № 9	0,0018	1,318	0,012	5,46	15,03	1,83
ЕД № 10	0,003786	5,485714	0,006429	40,242857	21,914286	3,478571
ЕД № 11	0,128909	3,345455	0	5,372727	13,245455	1,409091
ЕД № 12	0,022393	4,299643	0,003214	28,996429	5,410714	1,032143
ГДК	0,2	3	0,05	23	11,5	1,7
Кларк	0,05	47	83	83	46500	80500

Авторська розробка



Обчислені індекси безпеки життєдіяльності та індекси екологічно безпечної концентрації додатні не для всіх проб, що вказує на не зовсім сприятливу для проживання людей ситуацію з ґрунтами міста Івано-Франківськ. Це викликає певне занепокоєння.

Середні значення концентрацій 12-ти мікроелементів в ґрунтах 12-ти екологічних ділянок (таблиця 3) характеризують ділянки у порівнянні з гранично допустимими концентраціями та кларками. Обчислені дані (табл. 3) свідчать про перевищення середніх значень гранично допустимих концентрацій кадмію у екологічних ділянках 4, 8, 9; кобальту – в ділянках 8, 10; свинцю – в 2, 4; миш'яку – в 6, 10, 11, 12; міді – в 1, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12; хрому – в 4,8; цинку – в 1, 2, 8,10, 12; заліза – в 4, 5, 6, 8, 10, 11 та алюмінію – в 4, 6, 9, 10. За кількістю елементів, середні вмісти яких перевищують ГДК, найнеблагополучнішими є ділянки 4, 8 і 10. Найбільш сприятливі для проживання ґрунти в ділянках № 3 (перевищення ГДК тільки міді), №5 (перевищення ГДК тільки заліза) і №7 (перевищення ГДК тільки міді).

Важливими характеристиками ґрунтів з точки зору забрудненості є сумарні коефіцієнти концентрацій K_c (табл. 4), які розраховані за формулою (3) та коефіцієнти комплексного забруднення K_k (формула 1). Загальноміський показник сумарного коефіцієнта концентрацій перевищено в ділянках 4, 7, 8, 9 і 10, а загальноміський показник комплексного забруднення – в ділянках 4, 6 і 9. Найбільш несприятливі умови для проживання з позиції комплексного забруднення мікроелементами ґрунтів є екологічна ділянка № 4.

Таблиця 4 – Середні значення коефіцієнтів комплексного забруднення і сумарних коефіцієнтів забруднення

Територія	K_k	K_c
ЕД № 1	6,43896	5565554
ЕД № 2	6,501791	375224,2
ЕД № 3	5,441692	167,9503
ЕД № 4	14,05687	75454930
ЕД № 5	4,443895	1176,032
ЕД № 6	6,983965	10002258
ЕД № 7	7,441089	193,1224
ЕД № 8	8,86809	60,27478
ЕД № 9	7,304025	12000034
ЕД № 10	12,1386	6430127
ЕД № 11	7,091044	1552,18
Місто	7,0985	7015521

Висновки.

Виходячи з аналізу виконаних розрахунків можна стверджувати, що середні концентрації мікроелементів в ґрунтах всієї території міста Івано-Франківськ та середні концентрації мікроелементів в ґрунтах територій 12-ти екологічних ділянок міста відображають помірний рівень екологічної безпеки. Є деяке незначне відхилення по окремих хімічних елементах та ділянках, яке не суттєво впливає на ситуацію стану екологічної безпеки міста.



Загальноміський показник сумарного коефіцієнта концентрацій перевищено в дільницях 4, 7, 8, 9 і 10, а загальноміський показник комплексного забруднення – в дільницях 4, 6 і 9. Найбільш несприятливі умови для проживання з позиції комплексного забруднення мікроелементами ґрунтів є екологічна дільниця № 4.

Концентраційні індекси безпеки життєдіяльності та індекси екологічно безпечної концентрації додатні не у всіх місцях відбору проб, що вказує на не зовсім сприятливу для проживання людей ситуацію з ґрунтами міста Івано-Франківськ.

Література:

1. Адаменко О.М. Екологія міста Івано-Франківська / О.М. Адаменко та ін. – Івано-Франківськ: «Сиверсія МВ», 2004. – С.181-195.
2. Фоменко Н.В. Сучасна екологічна ситуація в м. Івано-Франківську та система забезпечення екологічної безпеки міської території : дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.11 / Фоменко Наталія Володимирівна. – Чернівці, 2006. – С.83-112.
3. Міщенко Л.В. Геоекоекологічне районування: наукова монографія за редкцією О.М.Адаменка / Л.В.Міщенко.– Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – С.113-120.
4. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект: навчальний посібник / В.М. Гуцуляк. – Чернівці: ТОВ «Видавництво «Наші книги», 2010 – С.210-220.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – С.383-390.

***Abstract.** The study of the level of ecological safety is accompanied by large amounts of information, which is formed as a result of the analysis of samples of the components of the city's ecosystems. This is the chemical composition of air, water, and grounds. The latter are the most stable, that is, they retain their chemical structure for a long time. Therefore, by studying the parameters (characteristics) of the specified components, it is possible to give an objective assessment of the level of environmental safety in the diet of the impact on human health. The paper analyzes information on the concentration of chemical elements in the soils of the city of Ivano-Frankivsk. Calculations of new numerical indicators of the level of environmental safety were proposed and carried out. The results of the calculations indicate problem areas of the city from the point of soil pollution, which can have a negative impact on people.*

***Key words:** ecological safety, pollution of grounds, numerical indicators, ecosystem, urboecosystem.*

Стаття відправлена: 22.09.2022 г.
© Крихівський М.В., Михайлів В.І.