

Горишнякова Я. В., наук. співр., аспірантка;

Пилипенко Л. В., наук. співр.;

Мар'єнко О. С., наук. співр.;

Волков Ю. В., наук. співр.;

Нікітіна С. В., наук. співр.

Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», м. Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ В ЗОНІ ВПЛИВУ ВИБУХУ ТА ПОЖЕЖІ НА НАФТОБАЗІ В РЕЗУЛЬТАТІ РАКЕТНИХ ОБСТРІЛІВ м. ХАРКОВА

У липні-грудні 2024 року та у січні-квітні 2025 року в рамках робіт по темі меморандуму від 09 липня 2024 р. № NUR/MON 2024405 з UNICEF representative UKRAINE на тему: «Зниження техногенного навантаження на ґрунти і водний горизонт ґрунтових вод внаслідок розтікання нафтопродуктів у долину р. Немишля в результаті бомбардування та пожежі нафтобази, що буде реалізовуватися у м. Харкові по вулиці Котельній», Науково-дослідною установою «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УКРНДІЕП)» проводилися дослідження екологічного стану довкілля.

У складі комплексного моніторингу крім поверхневих та підземних вод і донних відкладень в р. Немишля, об'єктом екологічних вишукувань були ґрунти на присадибних земельних ділянках приватного сектору Немишлянського району Харкова.

Основною метою робіт було науково-обґрунтоване дослідження наслідків вибуху нафтобази ТОВ «ХБН-Резерв» в м. Харків для ґрунтів, з визначенням оцінки їх екологічного стану та динаміки зміни в часі інтенсивності забруднення нафтопродуктами та важкими металами. Для досягнення цієї мети була розроблена програма робіт та регламент проведення моніторингу [1].

Реалізація цільового призначення робіт здійснювалася шляхом проведення польових та лабораторних досліджень в складі інженерно-екологічних вишукувань, які виконувались у відповідності до регламенту моніторингу для вирішення завдань, поставлених в програмі робіт. Проведення моніторингу впливу вибуху нафтобази

ТОВ «ХБН-Резерв» в м. Харків на екологічний стан ґрунтів полягало в виконанні досліджень, які включали:

- проведення рекогносцирувальних спостережень та польових натурних досліджень;
- відбір проб ґрунтів ґрунтового покриву в межах осередку забруднення на територіях житлових забудов, які постраждалих від вибуху та пожежі;
- дослідження відібраних проб - проведення еколого-аналітичних (зокрема, хіміко-аналітичних) досліджень ґрунтів на вміст нафтопродуктів, важких металів та макрокомпонентів;
- систематизацію вихідних матеріалів, обробку результатів моніторингових досліджень та їх візуалізацію;
- аналіз і оцінку екологічного стану і інтенсивності забруднення ґрунтів.

Проби ґрунтів відбиралися на присадибних земельних ділянках з різної глибин зони аерації як в межах вулиць, що знаходилися в епіцентрі вибуху та пожежі (в осередку забруднення), так і на вулицях, віддалених від епіцентру. На першому етапі моніторингу в період літньої межени (липень-серпень) 2024 року, дослідження проводились з метою визначення макрокомпонентного складу водних витягів (для виявлення особливостей їх солевмісту) та інтенсивності забруднення нафтопродуктами і важкими металами на глибинах 0,0-0,05 м (поверхневий шар); 0,15 м; 0,5 м та 1,0 м. В подальшому, в період осінньо-зимової межени та весняного паводку 2024 - 2025 років, моніторингові спостереження проводилися в 3-х пунктах, де встановлено максимальне забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Це приватні ділянки на вулицях: Ясенева, 41/1 і Танкова, 129 (з поверхневого шару) та Котельна, 30 (з глибини 0,15 м).

Результати польових вишукувань і хіміко-аналітичних досліджень проб ґрунтів стали підґрунтям для оцінки їх екологічного стану та інтенсивності забруднення.

Забрудненість ґрунтового покриву оцінювалася за даними моніторингових досліджень щодо солевмісту в ґрунтах, вмісту нафтопродуктів, важких металів (*марганцю, бору, барію, нікелю, свинцю, кадмію та цинку*), а також за даними щодо радіаційного забруднення ґрунтів (показники дози *гама-* і *бета-випромінювання*).

Оцінка якості ґрунтів за хімічними показниками їх водного розчину. Водний розчин ґрунтів, відібраних в зазначених створах, характеризувався гідрокарбонатним аніонним і перемінним катіонним складом в залежності від періоду відбору проб ґрунтів. При цьому за хімічним складом формуються гідрокарбонатний магнієвий ($С^{Mg}$),

гідрокарбонатний кальцієвий (C^{Ca}), гідрокарбонатний натрієвий (C^{Na}) та гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий (C^{CaNa}) типи водного розчину.

Загальні показники. За величиною активної реакції рН, в ґрунтовому покриві виявлено ґрунти з *нейтральною* і *слаболужною* рН-реакцією при варіюванні показника в межах рН = 6,92 – 7,93. За показником *загальної жорсткості* водні витяги ґрунтів як в меженні періоди, так і в період весняного повіддя характеризувалися як *м'які* (1,8 – 2,8 ммоль/100 г) і *помірно жорсткі* (3,6 – 4,2 ммоль/100 г).

Рівень солевмісту в ґрунтах. Показники мінералізації свідчать, що в період літньої межени мінералізація водного розчину ґрунтів становила 0,18 - 0,29 г/100г; в період осінньої межени – 0,17 – 0,37 г/100г; в період зимової межени - 0,24 – 0,34 мг/100 г, а в весняний період - 0,26– 0,29 г/100 г. Згідно з такими показниками, водний розчин ґрунтів відноситься до прісних з мінімальним солевмістом. У водному розчині ґрунтів за весь період досліджень перевищення ГДК за вмістом солей не спостерігалось в усіх пробах. Відповідно нижче ГДК був вміст хлоридів і сульфатів, який в жодній пробі не перевищує нормативних вимог [2].

Біогенні речовини. Вміст сполук азоту та фосфору в водному розчині ґрунтів за період моніторингових досліджень знаходився в межах ГДК окрім іонів амонію. Вміст *іонізаамонію* (NH_4) в водному розчині ґрунтів зафіксований у кількості від 0,09-0,35 мг/дм³ до 0,81-0,95 мг/дм³ (1,6-1,8 ГДК).

Рівень забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Вміст нафтопродуктів в ґрунтах на території житлової забудови в епіцентрі вибуху, або поблизу до нього, в період хронічного забруднення довілля характеризувався концентраціями, які значно перевищували ГДК [2]. На рисунку 1 приводяться графіки їх зміни в часі та по території в порівнянні з концентраціями в донних відкладеннях р. Немишля на ділянці, яка знаходиться в осередку забруднення.

За період **літньої межени** по вулиці *Ясенєва, 41/1* був встановлений максимальний вміст нафтопродуктів, який складав: на глибині 0,15 м – 20109 мг/кг (40,22 ГДК). При цьому, на глибині 0,5 м – 2746 мг/кг (5,49 ГДК); на глибині 1,0 м – 5533 мг/кг (11,07 ГДК). По *вулиці Танкова, 129* вміст нафтопродуктів в липні становив: на глибині 0,15 м - 3784,0 мг/кг (7,7 ГДК), на глибині 0,5 м - 3463,0 мг/кг (6,9 ГДК); На глибині 1,0 м зафіксовані нафтопродукти в кількості 1746 мг/кг (3,49 ГДК) і на приватному подвір'ї по *провулку 1-й Плідний, 16*. По вулиці *Велозаводська* (фонова ділянка) в поверхневому шарі ґрунту вміст нафтопродуктів становив 1080,0 мг/кг (2,16 ГДК).

У пробах, відібраних в період **осінньої межені**, вміст нафтопродуктів по вулиці Танкова, 129 зменшився до 1809 мг/кг (3,62 ГДК), а на глибині 0,5 м – незначно, але збільшився до 3951 мг/кг (7,90 ГДК). На інших вулицях концентрації нафтопродуктів в пробах ґрунтів були значно нижчими і становили: в поверхневому шарі - 248 мг/кг, на глибині 0,5 м - в межах 65-69мг/кг; на глибині 1,0 м – в межах 30-90 мг/кг, що згідно нормативних вимог [2], не перевищувало ГДК (рис.2).

В період **зимової межені** в *поверхневому шарі* ґрунтового покриття вміст нафтопродуктів становив: по *вулиці Ясенєва 41/1* в грудні - 2100 – 2735 мг/кг (4,20 – 5,47 ГДК); в січні - 7553 мг/кг (15,11 ГДК) і в лютому - 12582 мг/кг (25,16 ГДК); по *вулиці Танкова 129*; в грудні - на рівні 2735 мг/кг (4,14 ГДК), у січні - 4646 мг/кг (9,3 ГДК). На глибині 0,15 м по *вулиці Котельна, 30*, концентрація нафтопродуктів зафіксована в грудні - 1052 мг/кг (2,01 ГДК); в січні - 6497 мг/кг (13,0 ГДК), в лютому –3075 мг/кг (6,15 ГДК).(рис. 1).

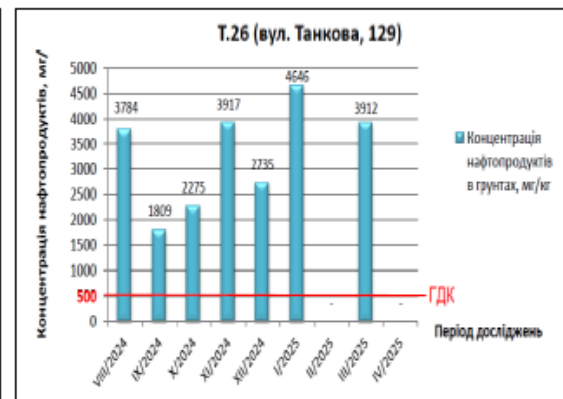
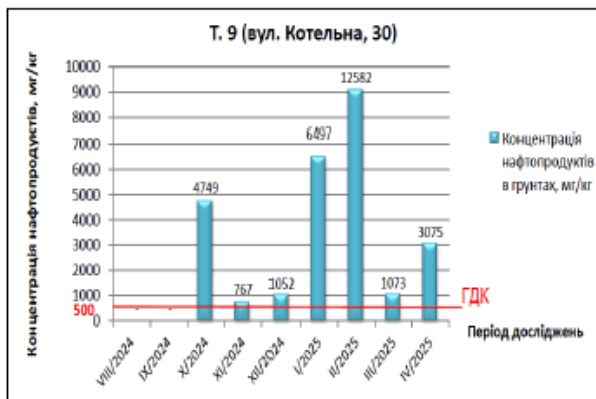
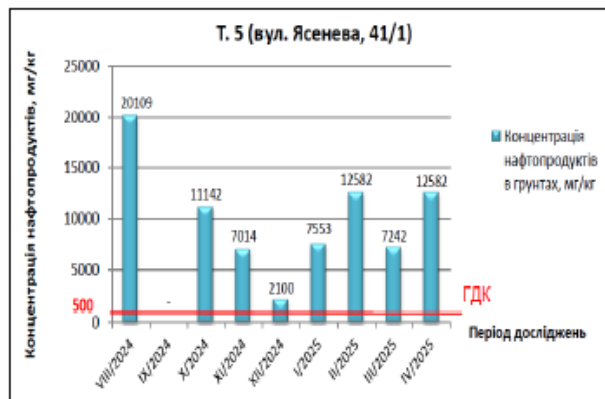
В пробах ґрунту, відібраних в **весняний період** (березень, квітень), вміст нафтопродуктів становив:

- в *поверхневому шарі* по *вулиці Ясенєва, 41/1*– 7242 мг/кг (14,48 ГДК) - в березні та 4830 мг/кг (9,66 ГДК) - в квітні; по *вулиці Танкова, 129* – 3912 мг/кг (7,82 ГДК) - в березні; по *вулиці Котельна, 30* (на глибині 0,15 м)– 1073 мг/кг (2,15 ГДК) - в березні та 895 мг/кг (1,79 ГДК) - в квітні;.

Максимальний вміст нафтопродуктів в ґрунтах в зимовий та весняний періоди був встановлений по *вулиці Ясенєва, 41/1* і складав в *поверхневому шарі* ґрунту в лютому – 12582 мг/кг (25,16 ГДК); та в січні - 7553 мг/кг (15,1 ГДК). На інших вулицях концентрації в цей період були нижчими і перевищували ГДК в 1,79-12,99 разів.

Підсумок. Приведена на рисунку 1 динаміка зміни в часі та по території вмісту нафтопродуктів у ґрунтах свідчить, що їх концентрації практично не залежать від зміни сезонів року. Інтенсивність забруднення ґрунтів дуже висока як в поверхневому шарі, так і на глибині 0,5 м та 1,0 м.

Вміст нафтопродуктів в ґрунтах



Вміст нафтопродуктів в донних відкладах р. Немишля

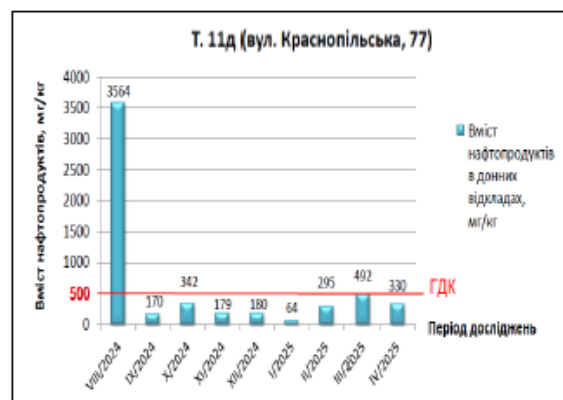
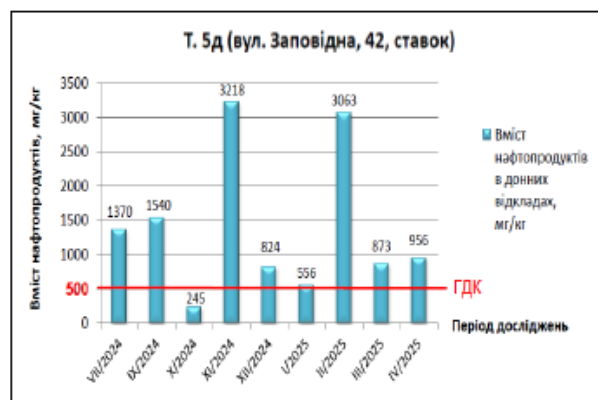
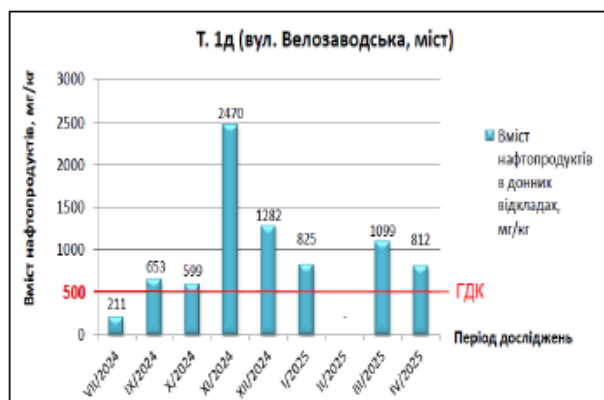


Рисунок 1 – Динаміка зміни концентрації нафтопродуктів в ґрунтах за період досліджень вересень 2024 р. – квітень 2025 р

Рівень забруднення ґрунтів важкими металами Вихідними даними для оцінки забруднення ґрунтового покриву є моніторингова інформація про вміст важких металів у ґрунтах (*марганцю, бору, барію, нікелю, свинцю, кадмію та цинку*) в періоди межені та весняного повіддя в 2024-2025 роках. Як в меженні періоди, так і в період весняного повіддя, валовий вміст важких металів в поверхневому шарі ґрунтового покриву зафіксований в кількості, яка знаходиться або в межах ГДК (*марганець та барій*), або вище ГДК (*нікель, цинк* та в одиничних замірах – *бор і свинець*) [2]. Максимальні концентрації в ґрунтах відзначалися для вмісту валової форми *нікелю* (рис.2) та валової і рухомої форми *цинку* (рис. 3).

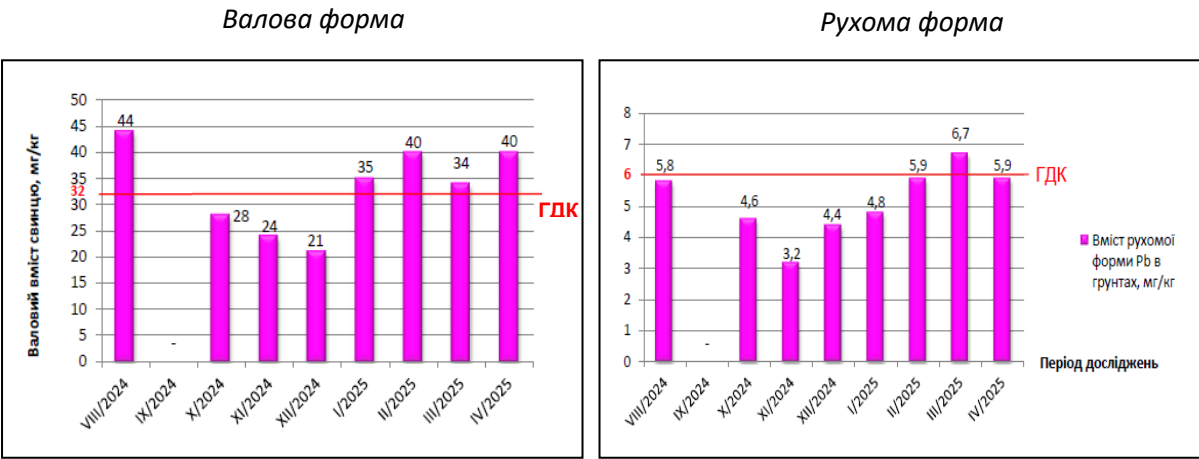
Діапазон концентрацій важких металів в часі. В пробах ґрунтів, відібраних в поверхневому шарі і на глибині 0,15 м на приватних подвір'ях зазначених вище вулиць, протягом всього періоду досліджень встановлено перевищення ГДК валової та рухомої форм *цинку*. Його валовий вміст змінювався в часі і по території переважно в межах від 26,0-72,0 мг/кг (1,13–3,13 ГДК) до 105–170 мг/кг (4,57- 7,39 ГДК). Підвищений вміст рухомої форми *цинку* змінюється в часі від 25,0 – 47,0 мг/кг (1,09 – 2,04 ГДК) до 50-74 мг/кг (2,17 – 3,22 ГДГ). Перевищували ГДК в ґрунтах і концентрації валової форми *нікелю*, які змінювалися від 5,8-20 мг/кг (1,4 – 5,0 ГДК) до 27- 42,2 мг/кг (6,75 – 10,55 ГДК). Вміст рухомої форми *нікелю* в жодній пробі ґрунту не перевищував ГДК і змінювався в межах 0,5 – 1,4 мг/кг (0,13 – 0,35 ГДК). Перевищення ГДК за вмістом валової форми *бору* (32-36 мг/кг) та *свинцю* (34-44 мг/кг) зафіксовані в поодиначних пробах і знаходяться відповідно в межах 1,07 – 1,25 ГДК та 1,06 - 1,25 ГДК (рис.2).

Діапазон концентрацій важких металів по території. В Т. № 5 (на подвір'ї по вулиці Ясенєва, 41/1) незначне перевищення ГДК зафіксоване лише за валовим вмістом *бору* (32 - 36 мг/кг або 1,07 – 1,2 ГДК) і *свинцю* (35 - 40 мг/кг або 1,1 – 1,25 ГДК). Концентрація рухомої форми *свинцю* перевищувала ГДК лише в *березні* в одній пробі і становила 6,7 мг/кг (1,12 ГДК)(рис.2).. При цьому рухома форма *цинку* перевищувала нормативні вимоги впродовж всього періоду досліджень (січень – квітень 2024-2025р.) і змінювалася в межах 25,0 – 33,0 мг/кг (1,09 – 1,43 ГДК) (рис.3).

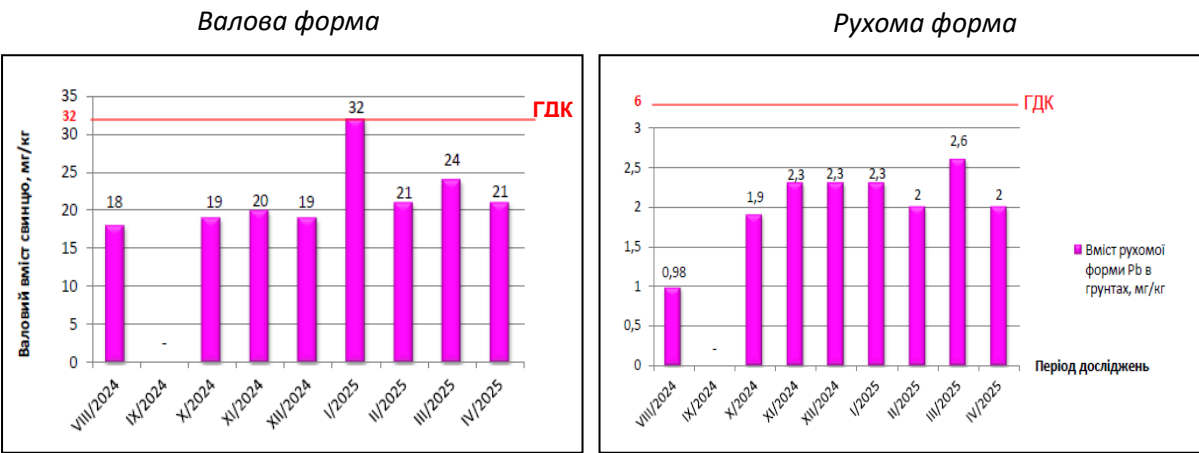
По вулиці Котельна, 30 на глибині 0,15 м валовий вміст металів окрім *нікелю* та *цинку*, в жодній пробі не перевищував ГДК. За рухомою формою перевищення ГДК зафіксоване лише по *цинку* – в межах від 25,0 мг/кг до 47,0 мг/кг (1,09 – 2,04 ГДК) (рис.3). На присадибній ділянці по вулиці Танкова, 129, незначне перевищення спостерігалось за валовим вмістом *бору* (31-36 мг/кг), що становить 1,0 – 1.2 ГДК і *свинцю* (39 мг/кг) лише в одній пробі в період весняного повіддя. За рухомою формою

перевищення зафіксоване для *цинку* – 53,0-74,0 мг/кг (2,30 - 3,10 ГДК) (рис.3) та незначне – для *свинцю* - 6,4 мг/кг (1,07 ГДК) лише в одній пробі в період весняного повіддя (рис. 2).

Т.5, вул. Ясенева, 41/1



Т.9, вул. Котельна, 30



Т.26, вул. Танкова, 129

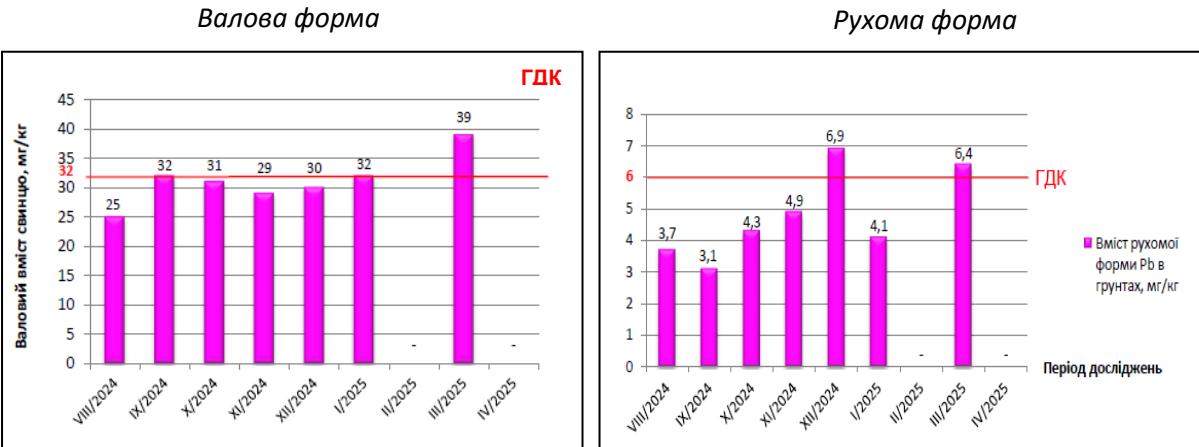
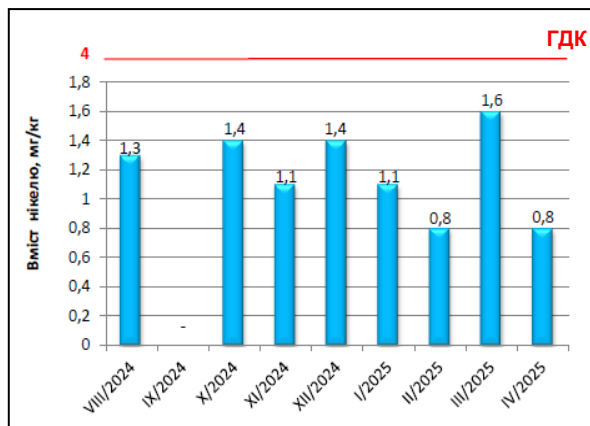


Рисунок 2 – Динаміка зміни концентрацій свинцю в ґрунтах в період досліджень серпень 2024 р. – квітень 2025 р.

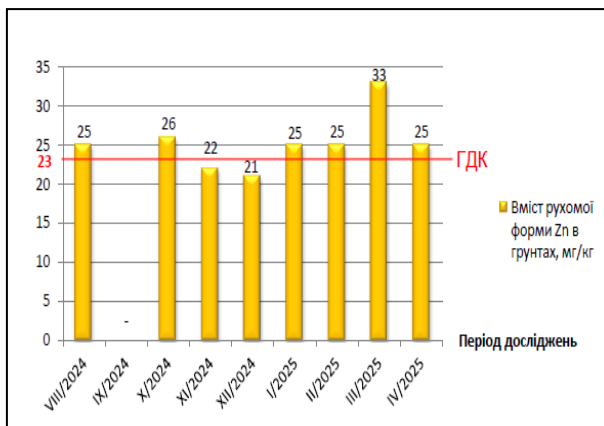
Вміст рухомої форми в) нікелю та г) цинку в ґрунтах

Т.5, вул. Ясенева, 41/1

в) нікель

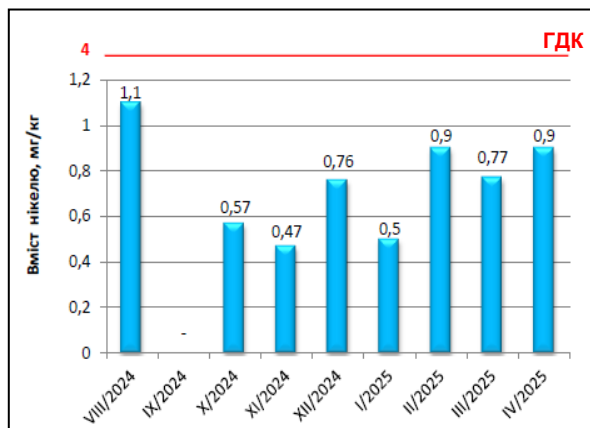


г) цинк

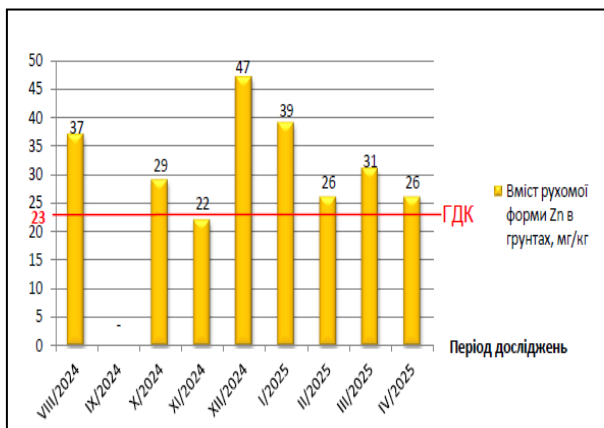


Т.9, вул. Котельна, 30

в) нікель

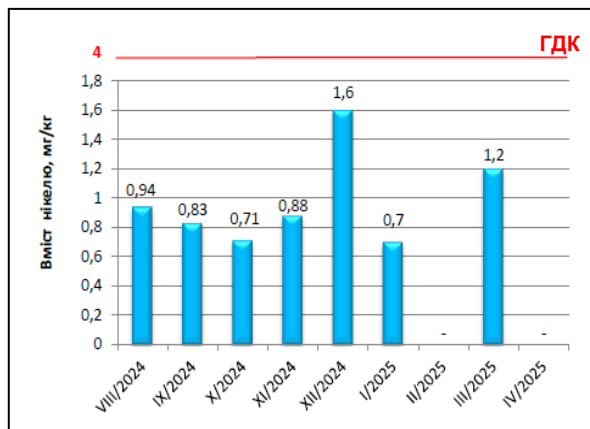


г) цинк



Т.26, вул. Танкова, 129

в) нікель



г) цинк

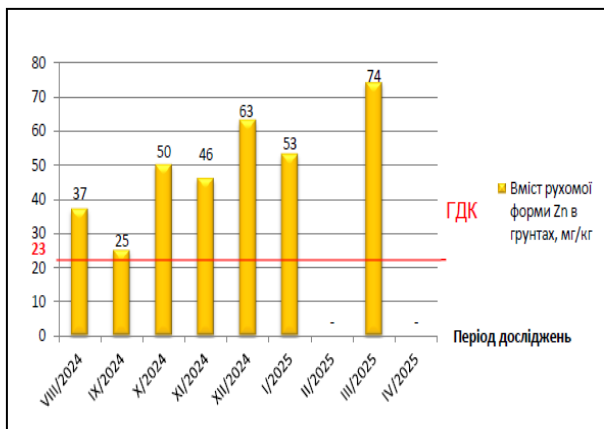


Рисунок 3 – Динаміка зміни концентрацій нікелю та цинку в ґрунтах в період досліджень серпень 2024 р. – квітень 2025 р.

Розраховані коефіцієнти техногенного геохімічного навантаження на ґрунти за вмістом валової і рухомої форми металів, наведені відповідно в таблиці 1 і в таблиці 2.

Таблиця 1 – Межі коливання значень (K_i) для ґрунтів (валова форма)

Сезон року, місяць	$K_i \leq 1-1,0$	$K_i \leq 1-1,4$	$K_i = 1-1,43$		$K_i = 1-8,48$	
	Mn	Pb	B	Ba	Ni	Zn
Літня межень	0,33-0,48	0,56-1,38	0,93-1,20	0,83-1,35	2,75-6,75	1,78-8,48
Осіння межень	0,24-0,40	0,59-1,00	0,11-0,87	0,65-0,80	1,75-8,00	0,91-6,83
Зимова межень	0,22-0,33	0,59-1,25	0,80-1,20	0,57-0,85	2,75-5,00	1,48-6,43
Весняна повінь	0,27-0,40	0,60-1,25	0,28-1,43	0,65-0,85	1,45-4,50	2,26-7,39

Значення (K_i), наведені в таблиці 1, свідчать про відсутність забруднення ґрунтів за вмістом валової форми марганцю та барію; відносно незначний рівень забруднення - за вмістом бору і свинцю і значне забруднення за вмістом валової форми нікелю і цинку. Для нікелю значення K_i досягають 4,50 – 8,0; для цинку – 6,43 – 8,48.

Таблиця 2 – Межі коливання значень (K_i) для ґрунтів (рухома форма)

Сезон року, місяць	$K_i \leq 1-1,5$	$K_i \leq 1-1,15$	$K_i = 1-3,22$	
	Mn	Pb	Ni	Zn
Літня межень	0,21-1,5	0,16-0,62	0,24-0,33	1,09-1,61
Осіння межень	0,34-0,71	0,32-0,82	0,12-0,35	0,96-2,17
Зимова межень	0,49-0,86	0,38-1,15	0,13-0,35	0,91-2,04
Весняна повінь	0,41-0,80	0,33-1,12	0,19-0,40	1,09-3,22

Згідно зі значеннями (K_i), приведеними в таблиці 2, рівень забруднення ґрунтів за вмістом рухомої форми марганцю і свинцю є незначним; За увесь період досліджень значення K_i переважно не перевищують 1,0 і коливаються в межах 0,21-0,86 – для марганцю та 0,16-0,33 – для свинцю. Лише в період літньої межени спостерігалось максимальне значення $K_i = 1,5$ для марганцю та в періоди зимової і весняної межени відповідно $K_i = 1,15$ і $K_i = 1,12$ - для свинцю. За вмістом нікелю $K_i \leq 1,0$, тобто, стан ґрунтів відповідає вимогам санітарно-гігієнічних нормативів (забруднення відсутнє) [2]. За вмістом рухомої форми цинку ґрунти забруднені: значення K_i змінюється переважно в межах 1,09 – 3,22.

Результати радіометричних досліджень відібраних проб ґрунтів свідчать про їх радіаційну безпеку для жителів території, яка постраждала в результаті вибуху та пожежі на нафтобазі.

Підсумки

Ґрунти в поверхневому шарі ґрунтового покриву на території земельних ділянок приватних домоволодінь досить інтенсивно забруднені *нафтопродуктами* й важкими металами, зокрема, *нікелем* та в поодиноких пробах - *свинцем* і *бором* (валова форма), а також *цинком* (валова і рухома форми). Концентрації нафтопродуктів в поверхневому шарі на вулицях Танкова, 129; Котельна, 30; Заповідна, 54; Ясенєва, 41/1, в 2-14 разів перевищують ГДК.

На час досліджень ґрунти на присадибних ділянках приватного сектору являють собою джерело забруднення рослинності, що унеможлиблює безпечне вирощування огородини для споживання. В цих умовах існує ризик захворювань дорослих і дітей.

На основі результатів моніторингових досліджень з метою очищення ґрунтів від забруднення і забезпечення прийнятних умов для проживання і користування земельними ділянками, розроблені рекомендації для місцевих жителів та органів влади щодо реалізації першочергових заходів.

Література

1. Гриценко А.В., Маркіна Н.К. Методологія дослідження екологічних та соціально-економічних наслідків вибуху та пожежі на нафтобазі під час бомбардування в м. Харкові // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. / УКРНДІЕП – Х.: ПП «Стиль-Іздат», 2024. — Вип.46. — С. 5-19.
2. Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин : Постанова КМУ № 1325 від 15 грудня 2021 р. [Чинний від 2021-12-15]