

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Тамара ДУДАР
«_____» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Оцінка впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території
авіапідприємств»**

Виконавець: здобувач групи ЕК-201М Щиголь Олександр Сергійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент, Черняк Лариса Миколаївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Катерина КАЖАН
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Адріан ЯВНЮК
(П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тамара ДУДАР

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Щиголя Олександра Сергійовича

1. Тема роботи «Оцінка впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств» затверджена наказом ректора від «10» липня 2023 р. №1096/ст.
2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 р. по 31.12.2023 р.
3. Вихідні дані роботи: літературні джерела, матеріали отримані під час проходження екологічної та переддипломної практик, аналіз літературних даних та законодавчих документів.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, аналіз проблеми впливу на навколишнє середовище аеропортів, вплив важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств, оцінка впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств (розрахунок ризику), висновки.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Складання літературного огляду по темі	03.10.2023	
2.	Опрацювання закордонних та вітчизняних літературних джерел	05.10.2023- 07.10.2023	
3.	Проведення дослідів	07-30.10.2023	
4.	Опрацювання інформації (групування, зведення у таблиці, побудова схем, графіків)	1.11- 14.12.2023	
5.	Обробка і оформлення вихідних матеріалів кваліфікаційної роботи	20-30.11.2022	
6.	Формування висновків і рекомендацій	01-04.12.2023	
7.	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно вимог діючих стандартів	05.12- 14.12.2023	
8.	Передзахист кваліфікаційної роботи (II етап)	15.12.2023- 26.12.2023	
9.	Захист кваліфікаційної роботи	26.12.2023	

7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри БЖД, Катерина КАЖАН		

8. Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи (проекту): _____ Лариса ЧЕРНЯК
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Олександр ЩИГОЛЬ
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Оцінка впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств»: 75 с., 5 табл., 31 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – вплив аеропорту на рівень екологічної безпеки ґрунтів на території прилеглої до аеропорту.

Предметом дослідження був ґрунт на території, розташованій поблизу аеропорту.

Мета роботи полягає в проведенні оцінки рівня забруднення важкими металами на території авіапідприємства.

Методи дослідження – статистичний, монографічний, експериментальний методи.

В даній кваліфікаційній роботі визначено рівень впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств. Визначено певні екологічні ризики.

НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ВАЖКІ МЕТАЛИ, ҐРУНТИ,
НАФТОПРОДУКТИ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, РИЗИКИ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ АЕРОПОРТІВ	
1.1. Вплив діяльності цивільної авіації на довкілля	7
1.2. Основні джерела забруднення ґрунтів на території аеропортів та на прилеглих територіях	17
1.3. Висновки до розділу	21
РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЇ АВІАПІДПРИЄМСТВ	
2.1. Характеристика важких металів, що містяться в ґрунтах на території авіапідприємств та рівню їх небезпеки для навколишнього середовища та людини	23
2.2. Способи визначення вмісту важких металів у ґрунтах	39
2.3. Способи відновлення ґрунтів забруднених важкими металами	42
2.4. Висновки до розділу	44
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЇ АВІАПІДПРИЄМСТВ	
3.1. Поняття екологічного ризику	45
3.2. Методика розрахунку ризику	48
3.3. Висновки до розділу	56
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних чинників працівника під час роботи на авіаційному підприємстві	57
4.2. Розробка заходів з охорони праці	59
4.3. Рекомендації щодо покращення умов праці	62
4.4. Пожежна безпека	64
4.5. Висновки до розділу	67
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НПС – навколишнє природне середовище.

НС – навколишнє середовище;

ЦА – цивільна авіація;

ВСТУП

Актуальність теми Активний розвиток авіаційної галузі супроводжується збільшенням навантаження на навколишнє середовище. Незважаючи на те, що останнім часом світовою авіаційною спільнотою було докладено багато зусиль для зменшення впливу на довкілля нових аеропортів або реконструкції діючих підприємств авіаційної галузі, ці зусилля були спрямовані більше покращення якості атмосферного повітря, зниження рівня шуму та якості поверхневих вод. Але якості ґрунтів на територіях аеропортів та на прилеглих до них територіях не приділяється достатньої уваги. Тому, актуальною є проблема дослідження екологічного стану ґрунтів на територіях авіапідприємств та на прилеглих до них територіях.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи.

Мета роботи полягає в проведенні оцінці впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств.

Завдання роботи:

1. Аналіз проблеми впливу на навколишнє середовище аеропортів.
2. Аналіз проблеми впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств.
3. Оцінка впливу важких металів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств.

Об'єкт дослідження – вплив аеропорту на рівень екологічної безпеки прилеглої до аеропорту території.

Предмет дослідження – ґрунт на техногенно навантаженій території аеропорту.

Методи дослідження – статистичний, монографічний, експериментальні методи.

Наукова новизна отриманих результатів. Полягає у визначення залежності рівня екологічної безпеки території що прилягає до аеропорту від відстані до злітно-посадкової смуги.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути використані на практиці для вибору ефективного способу відновлення ґрунтів на техногенно навантажених територіях авіаційних підприємств та н прилеглих до них територіях.

Особистий внесок випускника: розрахунок ризиків та визначення рівня екологічної безпеки ґрунтів на території прилеглий до аеропорту.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ АЕРОПОРТІВ

1.1. Вплив діяльності цивільної авіації на довкілля (атмосферне повітря, водні об'єкти, гурти)

Транспорт – це лише один із чинників, які впливають на якість повітря. Хоча інші джерела забруднення також існують, викиди газів на вулицях можуть серйозно зашкодити загальному стану здоров'я суспільства. Зокрема, дорожній рух сприяє викиду тонко-дисперсних та надто тонко-дисперсних часток у містах, що, за результатами наукових досліджень, має серйозний вплив на здоров'я людей.

Повітряний транспорт також вносить великий вклад у забруднення атмосфери Землі. Літаки, оснащені газотурбінними двигунами, працюють на авіакеросині, який хімічно відрізняється від пального для автомобілів за кращою якістю та меншим вмістом сірки та механічних домішок. Проте більшість відпрацьованих газів випускається повітряними суднами у високих шарах атмосфери, подалі від населених пунктів, що, в свою чергу, має свої наслідки для довкілля.

Основними елементами забруднення є оксид вуглецю, неспалені вуглеводні, оксиди азоту та сажа. У режимі холостого ходу та русі по доріжках під час посадки викиди оксиду вуглецю і вуглеводів значно зростають, але при цьому кількість оксидів азоту зменшується. Однак важливо враховувати, що надлишкове потрапляння цих речовин у стратосферу може призвести до руйнування озонового шару, що є особливо небезпечним для нашого середовища [11].

Забруднення біосфери внаслідок продуктів згоряння авіатоплив становить значний аспект впливу повітряного транспорту на екологічну ситуацію. Однак

авіація відрізняється від інших видів транспорту за кількома ключовими особливостями:

1. Газотурбінні двигуни: Використання переважно газотурбінних двигунів визначає специфіку протікання процесів та структури викидів відпрацьованих газів. Це може впливати на склад та характер забруднюючих речовин.

2. Паливо: Використання гасу як палива також призводить до змін у складі забруднюючих речовин. Це створює додаткові виклики для контролю і зменшення впливу авіаційних викидів на довкілля.

3. Польоти на високих висотах: Польоти літаків на великих висотах та з високими швидкостями призводять до розсіювання продуктів згоряння у верхніх шарах атмосфери і на великих територіях. Це знижує ступінь впливу на живі організми, порівняно з викидами на наземному рівні.

Усього 75% викидів цивільної авіації припадає на відпрацьовані гази авіаційних двигунів, включаючи атмосферні викиди спецавтотранспорту та стаціонарних джерел. Україна має 36 цивільних аеропортів з твердим покриттям, розташованих рівномірно по всій території країни, а також парк гелікоптерів, чий рівень використання на сьогодні значно зменшився. Такі дані вказують на потребу у зрощених підходах до зменшення впливу авіаційного транспорту на довкілля.

Справді, вплив повітряного транспорту на навколишнє середовище визначається значним шумовим впливом і викидами забруднюючих речовин.

Шум: авіаційні двигуни повітряних суден, допоміжні силові установки літаків, спецавтотранспорт, а також автомобілі з тепловими та вітровими установками, виготовлені на базі відпрацьованих ресурсів авіадвигунів, спричиняють значний рівень шуму. Рівні шуму можуть сягати до 100 децибелів на перонах аеропортів, до 90-95 децибелів в приміщеннях диспетчерських служб від зовнішніх джерел, і до 75 децибелів всередині будівель аеровокзалів. Такий шум може створювати серйозні проблеми для здоров'я людей та спричиняти негативний вплив на біоту навколишнього середовища [12].

Викиди забруднюючих речовин: повітряний транспорт також випускає в атмосферу велику кількість забруднюючих речовин. Відпрацьовані гази авіаційних двигунів складають значну частку викидів цивільної авіації, включаючи атмосферні викиди спецавтотранспорту та стаціонарних об'єктів. Ці речовини, такі як оксиди вуглецю, неспалені вуглеводні, оксиди азоту та сажа, можуть мати серйозний негативний вплив на якість повітря та екологічну стійкість.

Забруднення повітряним транспортом потребує комплексних заходів для зменшення шумового впливу та викидів забруднюючих речовин з метою забезпечення сталого та екологічно безпечного розвитку авіації.

Електромагнітне забруднення, викликане радіолокаційною та радіонавігаційною технікою в авіації, становить ще один аспект впливу на навколишнє середовище. Використання радіолокаційних засобів для спостереження за польотами літаків та метеорологічними умовами призводить до випромінювання електромагнітної енергії. Це може створювати електромагнітні поля великої напруги, які потенційно можуть бути загрозливими для людей та навколишнього середовища.

Україна також стикається з економічними викликами в цивільній авіації, які призвели до значного зменшення об'ємів роботи та закриття частини аеропортів. Зменшення попиту на авіаційні перевезення спричинило великі труднощі для вітчизняних авіакомпаній та призвело до економічних труднощів в цій галузі.

Тривала діяльність цивільної авіації, як і багатьох інших сфер економіки, пов'язана із значним впливом на навколишнє середовище. Хоча раніше ці питання можливо не отримували належної уваги, нині вони стають актуальними, і в багатьох країнах вживаються заходи для зменшення впливу авіації на природу. Це може включати в себе впровадження нових технологій для зменшення забруднення, вдосконалення енергоефективності, а також розробку та впровадження стратегій для збалансованого розвитку цивільної авіації в умовах збереження екологічної стійкості.

Дійсно, недостатня увага до проблем авіаційного транспорту в Україні може ускладнювати впровадження необхідних заходів для зменшення його впливу на навколишнє середовище. Навіть при зменшених об'ємах роботи, економічна відновлення та зростання попиту на повітряні перевезення можуть відновити та збільшити вплив авіації на довкілля.

Порівняння показників використання авіації на душу населення в Україні з країнами Європи та іншими регіонами дійсно вказує на значний розрив. Така ситуація може виникнути з ряду причин, включаючи економічні обмеження та інші соціально-економічні чинники, що впливають на розвиток авіаційної галузі в Україні.

Щодо впливу на навколишнє середовище, хімічний та фізичний вплив авіації на довкілля дійсно потребують уваги. Хімічний вплив пов'язаний із викидами шкідливих речовин та дією на озоновий шар, в той час як фізичний вплив включає авіаційний шум та звуковий удар. Для зменшення цих впливів може бути необхідно впровадження нових технологій, стратегій та стандартів для зменшення викидів та шумового фону від авіаційної діяльності [12].

Урахування цих аспектів та розробка сталих стратегій для розвитку авіації враховуючи екологічні питання може допомогти забезпечити баланс між економічним розвитком та збереженням навколишнього середовища в Україні.

Розглянувши проблематику використання палива в магістральних літаках та його вплив на довкілля, можна виділити кілька ключових аспектів:

1. Використання палива: Магістральні літаки в Україні та світі використовують значну частину загального обсягу палива, що може мати значний вплив на кількість викидів шкідливих речовин у повітря.

2. Емісія шкідливих речовин: Кількісні та якісні характеристики емісії, такі як оксид вуглецю (CO), вуглеводні (C_nH_m) та оксиди азоту (NO_x), визначаються не лише кількістю спалюваного палива, але й конкретними характеристиками авіаційних двигунів і видами використовуваного пального.

3. Індекс емісії: Важливим фактором є індекс емісії, який показує ефективність спалення палива в авіаційних двигунах. Його зменшення може

вказувати на поліпшення технологій та використання більш екологічно чистих палив.

4. Роль України: Україна, як інші країни, повинна враховувати свою роль у світовому використанні палива в авіації та працювати над заходами для зменшення негативного впливу на довкілля.

5. Технологічні інновації: Розвиток технологічних інновацій та впровадження нових, більш ефективних технологій у сфері авіації може сприяти зменшенню емісій та вдосконаленню екологічних характеристик літаків.

Загальний аналіз цих аспектів дозволить ухвалити конкретні заходи для зменшення негативного впливу авіаційного транспорту на навколишнє середовище в Україні.

Інформація про індекси емісії шкідливих речовин на різних режимах роботи авіаційних двигунів, яку надає Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО), є ключовою для розуміння впливу авіаційного транспорту на довкілля. Ця база даних дозволяє визначити ефективність спалення палива в авіаційних двигунах та оцінити кількість виділених шкідливих речовин у різних умовах експлуатації літаків.

Важливо враховувати ці дані при визначенні стратегій зменшення викидів та покращенні екологічних показників авіації. Впровадження нових технологій, оптимізація роботи двигунів та використання більш екологічно чистих палив може сприяти зменшенню впливу авіації на довкілля в усіх режимах роботи літаків.

Ці дані також можуть бути використані для порівняння та оцінки різних типів авіаційних двигунів та конструкцій, сприяючи вдосконаленню технологій та стандартів екологічної безпеки в авіаційній промисловості.

Основними екологічними проблемами, пов'язані з цивільною авіацією, є:

- зміна клімату;
- стратосферне зменшення озону, що призводить до збільшення поверхневого УФ-випромінювання;
- регіональне забруднення - зміни в хімії тропосфери на десятки-сотні

кілометрів в зоні аеропортів. Зокрема, викиди оксидів азоту в повітря збільшують озон;

- місцеве забруднення - як шум, так і зниження якості повітря, спричинене повітряними суднами, а також супутніми наземними перевезеннями.

Так, дійсно, парникові гази виграють ключову роль у зміні клімату, і CO_2 вважається одним із найбільш проблемних серед них. Відомо, що CO_2 має довгий період перебування в атмосфері, і його велика кількість приходить на діяльність людини, зокрема на спалювання ^{випаючого} палива.

Однак, окрім CO_2 , інші парникові гази, такі як метан (CH_4) та оксид азоту (NO^x), також вносять свій внесок у глобальне потеплення. Метан має велику потужність як парниковий газ, і його концентрація в атмосфері зростає внаслідок ряду діяльностей, включаючи сільське господарство та видобуток природного газу. Оксид азоту також є значущим парниковим газом, а його викиди пов'язані головним чином з автомобільним та повітряним транспортом.

У вищих рівнях атмосфери (стратосфера), гази, такі як водяний пар та хлорофторовуглеводні (CFC), можуть мати більший ефект в порівнянні з CO_2 , оскільки їх вплив на парниковий ефект в цих шарах атмосфери виявляється більш значущим [7].

Враховуючи ці аспекти, при оцінці впливу авіації на клімат необхідно враховувати не лише викиди CO_2 , але й інших парникових газів, які можуть мати значущий ефект на різних рівнях атмосфери.

Так, вплив авіації на клімат не обмежується лише викидами парникових газів. Важливим аспектом є і вплив аерозолів та слідів хімічних реакцій, які утворюються в результаті викидів від літаків. Це може впливати на різні кліматичні процеси, такі як поглиблення сонячної радіації та теплового випромінювання.

Деякі зміни в атмосферній хімії, спричинені викидами літаків, можуть призводити до утворення високих хмар (циррусових хмар), які можуть впливати на баланс тепла в атмосфері. Ці хмари можуть впливати на поглиблення сонячної

радіації та теплового випромінювання в атмосфері.

Місцеві зміни середніх опадів та інтенсивності теплових хвиль можуть бути результатом впливу аерозолів та інших хімічних реакцій, які відбуваються в наслідок викидів літаків. Ці зміни можуть мати важливі наслідки для клімату та екосистем.

Дослідження в цьому напрямку є складним завданням, і вчені продовжують вивчати вплив авіації на клімат, враховуючи різноманітні аспекти викидів та їхніх наслідків.

Так, важливо враховувати, що глобальні оцінки впливу авіації на клімат мають свої обмеження і можуть недооцінювати важливість регіональних та місцевих змін. Різноманіття кліматичних умов у різних частинах світу може призводити до різних ефектів від викидів повітряних суден.

Наприклад, вплив викидів на клімат може бути різним в залежності від того, чи знаходяться літаки у верхній тропосфері чи нижній стратосфері. Верхня тропосфера і нижня стратосфера мають відмінні характеристики, і викиди в цих областях можуть мати різний вплив на різні кліматичні процеси [13].

Детальне вивчення регіональних та місцевих впливів авіаційних викидів є важливим для повного розуміння їхнього впливу на клімат та для розробки ефективних стратегій зменшення негативного впливу авіації на довкілля.

Так, відмінності у хімічному складі та характері реакцій в тропосфері та стратосфері грають ключову роль у кліматичних та екологічних процесах. Тропосфера та стратосфера мають відмінні характеристики, і їхня взаємодія визначає ряд важливих явищ.

У тропосфері, де відбувається більшість погодних явищ, висока вологість та різноманіття мікроелементів впливають на формування хмар, опадів та теплових обмінів. Тут розташовані повітряні маси, які прямо впливають на погоду та клімат на поверхні Землі.

У стратосфері важливим елементом є озоновий шар, який поглинає шкідливе ультрафіолетове випромінювання від Сонця. Це створює тепловий градієнт і визначає теплові характеристики цього шару. Захист від

ультрафіолетового випромінювання є важливим для життя на Землі.

Розуміння хімічних та фізичних процесів у різних шарах атмосфери допомагає в наукових дослідженнях та прийнятті рішень щодо збереження клімату та довкілля.

Оскільки авіація зростає, щоб задовольнити збільшення попиту, особливо в швидко зростаючих ринках, що розвиваються, загальні викиди, швидше за все, збільшаться. Зростаючий вуглецевий слід неприйнятний для будь-якої галузі, тому авіація, від авіакомпаній до управління повітряним рухом, наполегливо намагається обмежити викиди парникових газів. CO² не є єдиним парниковим газом, що випускається літаком.

Вихлопні пари з повітряних двигунів складаються з 7% до 8% CO² та водяної пари, близько 0,03% оксидів азоту, незгорілі вуглеводні, оксид вуглецю та оксиди сірки, сліди гідроксильної сім'ї та азотних сполук та невеликі кількості частинок сажі (хоча промисловість майже повністю усунула викиди сажі протягом останніх десятиліть). Між 91,5% до 92,5% вихлопного повітряного судна - нормальний атмосферний кисень та азот.

Забруднення повітря, спричинене авіацією, може призвести до різноманітної кількості захворювань, особливо в міських районах, де рівень польотів найвищий. Дослідження, проведене журналом Environmental Science and Technology, виявили, що літаки, які летять на круїзній висоті близько 35000 футів, виділяють забруднюючі речовини, що спричиняють близько 8000 смертей у всьому світі на рік. Викиди оксиду вуглецю, оксидів азоту, озону, твердих частинок та сірки мають різний, але суттєвий вплив на здоров'я людини:

Чадний газ, що надходить в атмосферу від авіаційних виділень, може викликати не лише головний біль і нудоту, але також порушення нервової системи, негативно впливаючи на загальний стан організму. Оксиди азоту, які стають частиною викидів, можуть завдати шкоди капілярам та клітинам імунної системи, збільшуючи вразливість до інфекцій, сприяючи розвитку астми та викликаючи гострі проблеми з дихальною системою.

Пошкодження функції легенів, підвищення вразливості до інфекцій та

посилення алергоподібних симптомів — це лише частковий список негативних наслідків впливу озону, який викидається авіаційними процесами.

Тверді частинки, що розповсюджуються в повітрі внаслідок діяльності літаків, можуть викликати застуду, дихальні проблеми, а також сприяти розвитку емфіземи та зменшенню ємності легенів. Не менш важливим є те, що тривалий вплив цих частинок може стати фактором ризику для захворювань серця та легенів, викликаючи рак та викликаючи різні проблеми, такі як подразнення шкіри та утруднене дихання.

Таким чином, детальний аналіз різноманітних речовин, що потрапляють в повітря внаслідок авіаційної діяльності, розкриває широкий спектр негативних наслідків для здоров'я, які можуть стати серйозною загрозою для нашого благополуччя.

Забруднення водних ресурсів внаслідок цивільної авіації стає настільки актуальним завданням через інтенсивність впливу авіаремонтних заводів та аеропортів, особливо за участю спеціальних транспортних засобів. Стічні води, які виходять з авіаремонтних об'єктів, включають у себе як промислові, так і побутові стічні води, а також відтік поверхневих вод.

Зміна кількості та хімічного складу стічних вод відбувається в різний час — протягом дня, тижня чи місяця. Тут важливо відзначити, що певні виробничі процеси відзначаються багаторазовим скиданням висококонцентрованих стічних вод, що створює великі виклики для водних систем.

Найбільш значущими джерелами забруднення водних об'єктів є території аеропортів, зокрема ангарні майданчики, місця зберігання паливно-мастильних матеріалів і зони для промивання. Складські майданчики, де зберігаються різноманітні хімічні речовини, а також майданчики для промивання, становлять серйозну загрозу для водних екосистем.

Поверхневий стік, що надходить з транспортних об'єктів, несе в собі нафтопродукти, реагенти для очищення, залишки різних хімічних сполук та інші шкідливі речовини, які використовуються у процесах обслуговування літаків та ділянках обробки металу.

Забруднення ґрунту і підземних вод на аеродромах стає серйозною проблемою через велику концентрацію різних шкідливих речовин, що потрапляють у навколишнє середовище в результаті різних авіаційних діяльностей. Опади, які потім просочуються через ґрунт, можуть вмивати різні забруднюючі речовини, які осідають на аеродромі.

Наприклад, рідке паливо, що витікає під час заправки літаків або через технічні помилки при транспортуванні, може стати джерелом забруднення підземних вод нафтопродуктами. Викиди з літаків, які відбуваються при зльоті та посадці, також можуть призводити до осідання різних продуктів горіння в навколишній області.

Для управління цією проблемою, важливо розробляти та впроваджувати ефективні системи відстеження, контролю та обмеження забруднення, а також вдосконалювати методи очищення ґрунту і води від нафтопродуктів і інших шкідливих речовин [7].

Так, виявлено, що нафтові вуглеводні можуть проникати на значну глибину ґрунту та водоносних шарів. Це становить загрозу для підземних вод, оскільки нафтопродукти можуть мати негативний вплив на якість води і викликати серйозні екологічні проблеми.

Запобігання забрудненню водоносних шарів важливою мірою є вжиття заходів, таких як буріння свердловин для контролю якості води. Це дозволяє вчасно виявляти та реагувати на будь-які забруднення та уникати розповсюдження забрудненої води в глибину. Періодичні моніторингові заходи є важливим елементом ефективного контролю за станом підземних вод.

У випадку надзвичайних ситуацій, коли нафтопродукти вже потрапили до водоносних горизонтів, важливо проводити швидке відкачування забрудненої води та подальше очищення через відповідні технології та фільтрацію для вилучення забруднюючих речовин.

Так, перехід на більш економічні та екологічно чисті літаки є важливим кроком у напрямку сталого розвитку авіації. Вдосконалені технології та більш ефективні палива можуть допомогти значно зменшити викиди парникових газів

і інших забруднюючих речовин, пов'язаних з авіаційним транспортом.

Хоча перехід може супроводжуватися певними витратами та змінами у короткостроковій перспективі, довгострокові вигоди для навколишнього середовища і суспільства загалом визначають важливість таких заходів. Зменшення впливу авіації на клімат та здоров'я людей може призвести до створення більш безпечного та збалансованого середовища.

Подальші дослідження, розробка нових технологій та підтримка з боку галузі та влади можуть сприяти вирішенню проблем, пов'язаних із забрудненням та ефективністю авіаційного сектора [13].

1.2. Основні джерела забруднення ґрунтів на території аеропортів та на прилеглих територіях

Забруднення нафтопродуктами є серйозною проблемою довкілля, і контроль над цим забрудненням важливий для забезпечення екологічної безпеки. Система моніторингу та спостережень за станом забруднення довкілля нафтопродуктами є ключовим компонентом для ефективного управління цією проблемою.

Існуючі шляхи забруднення ґрунтів, зокрема від повітряного транспорту, включають змив хімічних речовин, що використовуються для обслуговування аеропортів і обладнання, а також осідання викидів в атмосферу в результаті роботи повітряних суден і транспортних засобів. Розливи палива також можуть викликати серйозне забруднення ґрунтів та водних ресурсів.

Для ефективного управління цією проблемою, важливо вдосконалювати методи ліквідації забруднення, впроваджувати технології очищення ґрунтів та води від нафтопродуктів, а також розвивати систему моніторингу для вчасного виявлення та вирішення проблем. Крім того, регулярні екологічні роботи повинні проводитися системно та координовано для запобігання новим забрудненням та відновлення забруднених областей.

Стосовно впливу авіації на навколишнє середовище правильна, і забруднення повітря та ґрунтів внаслідок викидів та інших процесів, пов'язаних із зльотами та посадками, є серйозними проблемами. Ваш підхід до проведення аналізу нормативно-правової бази та практичних природоохоронних заходів є логічним кроком для зрозуміння і вирішення цих питань.

Нормативно-правова база є важливою для регулювання діяльності авіаційного сектору та визначення стандартів щодо зменшення впливу на навколишнє середовище. Природоохоронні заходи, такі як використання більш ефективних систем очистки викидів, ефективне використання земельних ресурсів та інші, грають важливу роль у зменшенні негативного впливу.

Аналіз та удосконалення цих нормативно-правових заходів, а також впровадження нових технологій та методів може сприяти поліпшенню екологічної ситуації. Також важливо враховувати сталий розвиток та ефективне використання технологій, які зменшують вплив авіації на довкілля.

Узагальнене обговорення та узгоджені дії між владою, промисловістю та громадськістю можуть сприяти створенню більш екологічно безпечного авіаційного сектору [15].

Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 р. № 232/94-ВР зі змінами зобов'язує транспортні підприємства, у тому числі аеропорти, раціонально використовувати надані їм земельні ділянки, запобігати заболочуванню, погіршенню якості земель та забрудненню промисловими та іншими відходами, неочищеними стічними водами, вживати заходів щодо захисту ґрунтів від ерозії, а також дотримуватися інших вимог щодо охорони земель.

Що стосується вирішення проблеми забруднення ґрунтів у районах поблизу аеропортів, то пропонується: - здійснювати постійний моніторинг ґрунтового покриву в межах аеропорту; - брати його проби з поверхневого шару і з глибини 20 см на відстані 20, 100, 250, 500, 1000 м від авіаційного підприємства; - контролювати його якісні показники [17].

Забруднення довкілля, спричинене авіаційною діяльністю, на найвищому рівні відзначається у зоні аеропорту, стаючи основною точкою інтенсивного впливу. Супровідні метеорологічні умови, зокрема напрямок і швидкість вітру, температура, вологість повітря і сонячна радіація, мають визначальний вплив на поширення нафтопродуктів як у межах аеропорту, так і за його межами.

Процес осідання твердих і пароподібних часток, походження технологічних стічних вод, використання спецрідин для миття літаків і обробки злітно-посадкової смуги, а також інших факторів призводить до введення певної кількості забруднюючих речовин у ґрунт. Ці речовини можуть осідатися, розповсюджуватися великими відстанями разом з поверхневими і ґрунтовими водами, порушуючи природний склад ґрунтів та забруднюючи ґрунтові води та водоймища.

Такий вплив авіаційних процесів неминує викликає важливі екологічні проблеми та потребує системного підходу до моніторингу та здійснення заходів з відновлення природного балансу у зоні впливу аеропорту.

Забруднення ґрунту нафтою в прилеглих до аеропорту територіях відбувається внаслідок аварійних і технологічних розливів на поверхню землі. Також сприяє цьому потрапляння в ґрунт неочищених або недоочищених нафтовмісних стічних вод. Важливим джерелом забруднення є викиди рідких і газоподібних продуктів згоряння пального під час зльоту і посадки літаків, які осідають поблизу злітно-посадкової смуги та накопичуються в ґрунті.

Внаслідок потрапляння нафтових вуглеводнів у ґрунт відзначається інтенсивна трансформація морфологічних і фізіологічних властивостей ґрунту. Це може включати зміни в структурі та текстурі ґрунту, порушення його хімічного складу та зниження родючості. Зазначені процеси можуть впливати на рослинний покрив, мікроорганізми та екосистему в цілому, що підкреслює необхідність ефективних заходів для запобігання та ліквідації такого забруднення.[18].

Відмінності від органічних хімічних забруднювачів полягають в тому, що важкі метали не розкладаються з часом і можуть перерозподілятися лише між компонентами природного середовища. Періоди їх розпаду можуть тривати багато тисяч років. Дослідження ґрунту в районі аеропортів виявили більше ніж 20-кратне збільшення вмісту важких металів.

Максимальне забруднення спостерігалось в зонах зберігання паливно-мастильних матеріалів, ремонтних майстерень, на платформах і на злітно-посадкових смугах, особливо в місцях зльоту та посадки літаків. У ґрунтах із сильним і помірним забрудненням виявлено важкі метали від 8 до 18 мг/кг, що значно перевищує допустимі норми. Це свідчить про серйозний вплив авіаційної діяльності на екологічний стан прилеглих територій.

Найбільш інтенсивне забруднення ґрунтів відбувається на ділянках, де в результаті випадкових розливів витікає паливо та масло.

Поверхневі стічні води транспортних компаній є складними за своєю хімічною природою. Вони включають в себе різноманітні компоненти, такі як рідкі нафтопродукти, залишки миючих засобів, дезінфікуючі речовини, морозостійкі та антифризні реагенти, ливарні суміші, розчини на основі металів, електроліти акумуляторів та відпрацьовані електроліти. Ці речовини можуть мати різний хімічний склад і важливість для довкілля.

Опади, дощові та талі потоки води також відіграють роль у поглибленні котлових газів, шкідливих викидів автомобілів і літаків в аеропорту. Цей процес може вести до забруднення водних об'єктів і негативно впливати на якість ґрунтів у прилеглих територіях. Важливо враховувати ці фактори при розробці екологічних стратегій та заходів для зменшення впливу транспортної діяльності на природне середовище [20].

Таким чином, авіація є джерелом широкого спектру екологічних факторів. У зв'язку з цим розробка та впровадження державних нормативних актів, що регулюють розміщення населених пунктів поблизу аеропортів, є своєчасним та актуальним завданням. Доцільно розробити заходи та

рекомендації щодо зменшення негативного впливу повітряних транспортних процесів на навколишнє середовище.

Отже, авіація вносить значний вплив на навколишнє середовище через різноманітні фактори, включаючи викиди забруднюючих речовин та інші негативні впливи. У цьому контексті розробка і впровадження ефективних державних нормативних актів, спрямованих на регулювання розміщення населених пунктів поблизу аеропортів, може стати важливим завданням. Крім того, доцільно розглянути заходи та рекомендації з метою зменшення негативного впливу авіаційних транспортних процесів на навколишнє середовище. Це може включати удосконалення технологій, впровадження екологічно чистих літаків та розробку стратегій для зменшення екологічного сліду авіації.

1.3. Висновки до розділу

Повітряний транспорт справді впливає на довкілля через різноманітні види забруднення. Однією з основних проблем є викиди газів, таких як оксид вуглецю, неспалені вуглеводні, оксиди азоту та сажа. Ці компоненти можуть мати негативний вплив на атмосферу та здоров'я людей.

Паралельно з цим, шум та електромагнітне забруднення також стають важливими аспектами, особливо в місцях близько до аеропортів, де вони можуть впливати на комфорт та здоров'я місцевого населення.

Авіаремонтні заводи та аеропорти, зокрема, впливають на якість водних ресурсів через стічні води та інші забруднення. Атмосферні опади, також називані дощовими потоками, можуть транспортувати частинки та забруднення з повітря до ґрунту та водних об'єктів.

Перехід на більш економічні та екологічно чисті літаки є логічним вирішенням цих проблем, адже це може призвести до зменшення викидів та покращення стану навколишнього середовища.

Так, змив хімічних речовин, які використовуються для обслуговування аеропортів і пов'язаного обладнання, може призвести до серйозного забруднення ґрунту. Це може включати в себе різноманітні хімічні речовини, які використовуються для обробки літаків, дезінфекції площ аеропорту, антикорозійного захисту та інших процесів.

Це забруднення може мати негативний вплив на пришляхову смугу, що має значення для безпеки авіаційних операцій. Однак, водночас, воно може також впливати на прилеглі території, роблячи ґрунти непридатними для сільськогосподарського використання через накопичення забруднюючих речовин.

Зменшення використання шкідливих хімічних речовин, впровадження більш екологічно чистих технологій та вдосконалення системи управління відходами в аеропортах можуть сприяти зменшенню негативного впливу на ґрунти та природне середовище.

РОЗДІЛ 2

ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЇ АВІАПІДПРИЄМСТВ

2.1. Характеристика важких металів, що містяться в ґрунтах на території авіапідприємств та рівню їх небезпеки для навколишнього середовища та людини

Наукові дослідження в області екології вказують на вирішальну роль ґрунтового середовища у циркуляції важких металів в природі. Ґрунти, як ключовий компонент земної екосистеми, володіють унікальною здатністю до адсорбції різноманітних забруднюючих речовин. Незаперечно, що стан ґрунтів є відображенням багаторічного антропогенного впливу на природу загалом.

Важко переоцінити роль ґрунтів у забрудненні важкими металами. Вони можуть виступати джерелом вторинного забруднення для водних ресурсів, атмосферного повітря та продуктів харчування. Поширення хімічних компонентів, зокрема ксенобіотиків, в ґрунті може суттєво впливати на якість води, екосистем водойм, а також викликати проблеми в харчовому ланцюзі та здоров'ї людей.

Таким чином, дослідження в області впливу важких металів на ґрунти є критично важливим для розуміння екологічних наслідків антропогенного втручання у природні процеси.

У порівнянні з іншими середовищами, такими як повітря, де переважають процеси розсіювання, ґрунти володіють особливістю — відсутність можливості їх швидкого очищення. Це означає, що хімічні забруднювачі можуть залишатися в ґрунті протягом тривалого періоду, в деяких випадках впливаючи на екологічні ланцюги і призводячи до довготривалої токсичної дії.

Внаслідок цього виникає підвищений ризик виникнення хронічних інтоксикацій, оскільки забруднюючі речовини можуть довгий час залишатися

активними в ґрунті та взаємодіяти з живими організмами. Щоб здійснювати ефективний контроль над цими процесами, необхідно проводити систематичний та тривалий екологічний моніторинг ґрунтів.

В ґрунтах авіапідприємств виявляється значна кількість важких металів, таких як кадмій (Cd), марганець (Mn), мідь (Cu), нікель (Ni), свинець (Pb), цинк (Zn), а також їхні сполуки. Ці речовини потрапляють в ґрунти та донні відклади різними шляхами і накопичуються в них протягом років. Термін "важкі метали" використовується для позначення металів, питома вага яких перевищує 5 г/см³ або атомний номер більший за 20. Нижче подано характеристики основних важких металів, які спричиняють забруднення ґрунтів на території авіапідприємств:

- Кадмій (Cd): Метал, який може накопичуватися в ґрунтах та викликати токсичні ефекти на рослини та організми.
- Марганець (Mn): Великі концентрації марганцю можуть бути шкідливими для ґрунтів і впливати на рослини.
- Мідь (Cu): Мідь може викликати забруднення ґрунту, що впливає на мікроорганізми та рослини.
- Нікель (Ni): Нікель може мати токсичний вплив на ґрунти та водоймища.
- Свинець (Pb): Свинець може викликати серйозне забруднення ґрунту і важливий здоров'ю людини.
- Цинк (Zn): Високі концентрації цинку можуть викликати забруднення ґрунтів та мати вплив на екосистему.

Розуміння характеристик цих важких металів важливе для ефективного контролю та управління екологічними аспектами на території авіапідприємств.

Кадмій. Кадмій є токсичним важким металом, фізіологічні функції якого в організмі залишаються невідомими. Навіть при дуже низьких рівнях концентрації, він виявляє токсичний вплив і може спричинити гострі та хронічні

впливи на здоров'я. Однією з найбільш небезпечних характеристик кадмію є його здатність накопичуватися в організмі протягом усього життя.

Кадмій відзначається довгим біологічним періодом напіврозпаду в організмі людини, який може тривати від 10 до 30 років. Отримання кадмію як побічного продукту при рафінуванні міді, свинцю та цинку протягом кількох століть призводить до забруднення довкілля. Явище біоаккумуляції кадмію спостерігається в екосистемах як при природних, низьких концентраціях металу, так і при антропогенному забрудненні.

Ця проблема вказує на важливість контролю та обмеження викидів кадмію в довкілля для збереження здоров'я людей і екосистем в цілому [21].

Розповсюдження кадмію в навколишньому середовищі визначається його широким використанням у різних галузях промисловості. Елемент може потрапляти в довкілля через паливо, добрива, рудні відвали та інші джерела. Сучасно метал використовується в різних галузях промисловості, таких як галузь гальванічного покриття для надання деталям блиску та стійкості до корозії.

Кадмій знаходить своє застосування як барвник у виробництві пластмас, кераміки та облицювальних матеріалів. Також він використовується як стабілізатор у виробництві поліхлорвінілових пластмас. Крім того, цей метал використовується як пігмент для фарбування транспортних засобів та обробки високоякісних промислових виробів.

Важливо враховувати це широке використання та його вплив на довкілля при розробці стратегій збереження екосистем та здоров'я людей.

Міграція кадмію в оточуючому середовищі є складним процесом, що залежить від ряду факторів, таких як види його сполук і реакція середовища (рН). Основна частина цього металу потрапляє в атмосферу через викиди промислових підприємств, де він перебуває в нижніх шарах тропосфери.

Далі, завдяки процесам седиментації, кадмій осідає на поверхню ґрунту, що стає його основним акумулятором. Цей процес може відбуватися через осадження частинок атмосферного пилу, а також через хімічні реакції, які відбуваються в атмосфері. Після того, як кадмій потрапив в ґрунт, він може

залишатися там протягом тривалого періоду, оскільки в ґрунті відсутні швидкі процеси очищення від цього металу.

Так, забруднення ґрунту кадмієм може мати тривалий ефект, навіть після припинення надходження цього металу. До 70% сполук кадмію, що потрапили в ґрунт, можуть утворювати стійкі хімічні комплекси з компонентами ґрунту. Це може зробити цей метал менш доступним для засвоєння рослинами, але, в той же час, ця частина кадмію залишається в ґрунті і може впливати на екосистему.

Іншими словами, хоча деякий кадмій може бути фіксований в ґрунті через утворення хімічних з'єднань, частина залишається в розчиненій формі і може залишатися доступною для засвоєння рослинами. Тому важливо продовжувати моніторинг та вживати заходи для зменшення викидів кадмію та управління його впливом на ґрунт та рослинний покрив.

Токсичність сполук кадмію справді залежить від різних факторів, включаючи їхній тип, розчинність та взаємодію з іншими речовинами в середовищі. Особливості впливу кадмію на організм також залежать від віку, статі та загального стану організму в конкретний момент часу.

Кадмій може викликати різноманітні негативні ефекти на здоров'я людини, такі як ураження нирок, печінки, легень та інших органів. Його токсичність може проявлятися внаслідок довготривалого впливу на організм, особливо при постійному контакті через воду, повітря або через споживання забруднених продуктів.

Таким чином, ефекти кадмію можуть бути комплексними і взаємодіяти з іншими факторами в навколишньому середовищі та організмі людини [22].

В організм людини та тварин, Кадмій прокладає свій шлях через три ворота: аліментарний, інгаляційний та транскутанний. Це як три акордеони, що грають мелодію засмучення та обурення в організмі.

Науковці виявили, що накопичення Кадмію в організмі має свої чоловічі та жіночі ноти. Виявляється, що у жінок концентрація цього важкого металу в нирках та крові вища, що може бути пов'язано з їхнім меншим вмістом заліза. Цей важкий метал, як вірний актор, також піднімає завісу під час вагітності,

збільшуючи свою роль в плаценті, крові та сечі. І як управління світлом в театрі, рівень акумуляції Кадмію у різних органах відбувається як узгоджений танець. [23].

Кадмій - справжній колекціонер в організмі, як винахідливий митець, накопичуючи свої творіння в тілі протягом років. До п'ятдесятиліття людини, він вже встигає створити вражаючу виставку ваги від 5 до 20 мг, невловиму для звичайного ока, але значущу для біологічного пантеону. Кадмій - це справжній митець часу, який вміло вишиває свій слід у тканині людського організму [24].

Токсичність кадмію – багатогранна якість, в якій кожна унікальна сполука має свою характеристику. Токсичність сполук кадмію залежить від їх типу, розчинності, а також від наявності інших біологічно активних речовин. Крім цього, відповідь на дію токсиканта залежить від віку, статі та загального стану організму у цей момент.

Вчені виявили і відмінності в накопиченні Кадмію, базовані на різній статі досліджуваних: так, у нирках і крові жінок концентрація важкого металу вища, ніж у чоловіків, що може зумовлюватися меншим вмістом заліза в жіночому організмі.

Відзначено, що Кадмій, як токсичний елемент, демонструє вражаючу міграційну активність та біохімічну енергію. Його політропна токсична дія виявляється в накопиченні у різних органах і тканинах, зокрема, в нирках, печінці, трубчастих кістках, підшлунковій залозі та селезінці. Цей елемент втручається в метаболічні процеси та фізіологічні функції, індукує процеси канцерогенезу та виявляється антагоністом для низки життєвоважливих мікро- та макроелементів. Значущою особливістю його негативного впливу є швидке засвоєння організмом та повільний процес виведення [23].

Кадмій, прибуваючи в еритроцити, тканини печінки та нирок, вступає у взаємодію з сульфгідрильними групами білків, зокрема металотіонеїнів, призводячи до їхньої денатурації та інактивації ферментів. Зауважено, що синтез металотіонеїну індукується у відповідь на поступлення Кадмію до організму та зростає при збільшенні його дози.

Металотіонеїни, білки, що можуть зв'язувати до 80% кадмію в печінці та нирках, відіграють захисну роль при індукції їхньої синтезу в печінці. Вчені припускають, що ці білки сприяють зменшенню або усувають токсичний вплив кадмію, основним чином шляхом утворення металотіонеїнових комплексів у печінці. Зауважено, що формування цих комплексів може гальмувати виведення кадмію з клітин і сприяти його внутрішньоклітинній аккумуляції, що, в свою чергу, може призводити до дистрофічних змін в клітинах.

Приблизно половина всього поглинутого Кадмію концентрується в печінці та нирках. Токсичний вплив сполук Кадмію проявляється у вигляді жирової інфільтрації печінки та нирок, спричиняючи дистрофію гепатоцитів у печінці. При тривалому отруєнні можливе розвиток гіпертрофії серця, формування у паренхіматозних органах ділянок некрозу та проростання сполучної тканини, гіперплазія селезінки, збільшення розмірів клубочків у нирках, набухання епітелію ниркових каналців та дегенеративні зміни в тканинах нирок.

Ініціально загальна структура печінкових часточок залишалась непорушеною, але з часом гепатоцити збільшувалися в розмірах, їх ядра набували різних розмірів, і з тривалістю інтоксикації глибина дистрофічних процесів у гепатоцитах зростала. Дистрофічні зміни, які спочатку виникали внаслідок адаптаційно-компенсаторних процесів, поступово переходили в деструктивні порушення.

Вчені провели експеримент, в результаті якого було встановлено, що при одноразовому парентеральному введенні гризунам в дозах 2 мг/кг та менше Кадмію не викликає гепатотоксичність. Однак при ін'єкціях кадмію в дозах 3,5–3,9 мг/кг виявлено запалення, фіброз та некроз в печінці тварин. За умов перорального надходження некроз печінки виникає тільки при дуже високих дозах цього металу (30–138 мг/кг за добу) [24].

Науковці, досліджуючи вплив хлориду кадмію у дозі 4,4 мг/кг на активність системи антиоксидантного захисту в організмі щурів, встановили, що хронічний кадмієвий токсикоз призводить до посиленої активації процесів

ліпопероксидації та порушення рівноваги між активністю антиоксидантної системи та інтенсивністю перекисного окиснення ліпідів.

Згідно з відомостями, Кадмій, що зв'язаний із металотіонеїном у нирках, пройшовши фільтрацію в клубочках, підлягає реабсорбції в проксимальних канальцях кори нирок. Акумуляція Кадмію в корі нирок призводить до дисфункції ниркових канальців з порушенням реабсорбції, включаючи білки, глюкозу і амінокислоти. Значущим показником трубчастої дисфункції є підвищене виведення низькомолекулярних білків у сечу. Для більшості осіб, які впали під вплив Кадмію, протеїнурія, індукована цим металом, є необоротною.

Помічено, що при введенні в організм сполук кадмію розвивається гемічна гіпоксія, яка супроводжується порушенням процесу перенесення кисню кров'ю та зниженням рівня гемоглобіну в ній. Реакція Кадмію хлориду з оксигемоглобіном викликає гіперпродукцію активних форм кисню, що завдають шкоди біологічним системам, мають виражену цитотоксичну дію та ініціюють процеси перекисного окиснення ліпідів.

Також зауважено, що Кадмій впливає на трансмембранну передачу гормональних сигналів у клітинах, пригнічуючи гормональну функцію організму. Це може впливати на різні аспекти фізіології та регуляції внутрішньої секреції, подальше вивчення яких важливе для розуміння повного обсягу токсичного впливу Кадмію на організм.

Українські вчені провели комплексне дослідження, вивчаючи показники, які розкривають стан прооксидантно-антиоксидантного балансу в печінці та нирках щурів. Дослідження включало аналіз вмісту тканинних білків, реагуючих з тиобарбітурновими кислотами, білкових і небілкових SH-груп, а також визначення активності ферментів каталази і супероксиддисмутази.

Важливим аспектом було вивчення реакції організму на тривале надходження малих доз іонів кадмію, одноразове введення великої дози та одноразове введення великої дози на тлі тривалого надходження малих доз. Отримані дані можуть внести вагомий внесок у розуміння взаємодії кадмію з

організмом і визначення можливих стратегій для збереження здоров'я в умовах можливого впливу цього токсичного металу.

В результаті проведеного дослідження вчені встановили, що одноразове введення хлориду кадмію в дозі 0,6 мг/кг маси викликало збільшення вмісту ТБК-реагуючих продуктів у печінці та нирках, зниження вмісту небілкових SH-груп в печінці і білкових SH-груп в нирках, підвищення активності каталази в печінці. Введення малих доз (1 мкг/кг щодня протягом 4-х тижнів) викликало різноспрямовані зміни вмісту SH-груп в печінці. При комбінованій дії хлориду кадмію в проведеному експерименті, коли кількість іонів Кадмію, що надходить до організму, значно зростає, ємність SH-складової системи антиоксидантного захисту в нирках виявляється недостатньою, що призводить до зниження її показників порівняно з хронічною дією [23].

Нікель. Нікель відзначається своєю м'якістю, твердістю та характерним сірим кольором. Цей метал володіє високою теплопровідністю і доброю електричною провідністю. Ці властивості роблять його цінним матеріалом у різних областях, зокрема у виробництві електричних пристроїв.

Нікель також виявляє магнітні властивості, перетворюючись у магніт при низьких температурах. Його висока стійкість до корозії робить його ідеальним для використання в електрохімічних процесах, таких як електроліз, де важлива довговічність та надійність матеріалу.

Незважаючи на те, що минуло більше ста років з часу початкових вивчень біологічної ролі нікелю, його фізіологічне значення і конкретні механізми участі в різних аспектах функціонування організму залишаються значущими дослідницькими викликами. На сьогоднішній день нам ще потрібно більше розуміння форм перебування нікелю в організмі людини та його ролі в розвитку різних захворювань.

Особливо мало вивчено вплив надмірного нікелю на імунну систему та його можливий внесок у патогенез різних захворювань. Дальші дослідження в цьому напрямку можуть розкрити нові аспекти взаємодії нікелю з організмом та виявити його можливі негативні наслідки для здоров'я.

Серед перехідних металів нікель виокремлюється як екозабруднювач, і його наявність в об'єктах навколишнього середовища різко зростає щорічно. Переважаючими джерелами забруднення нікелем є підприємства гірничорудної промисловості, кольорової металургії, машинобудівельні установи, металообробні підприємства, хімічні заводи, транспортні засоби, теплові електростанції, що працюють на мазуті і кам'яному вугіллі, а також інші підприємства, які використовують викопні вуглеводневі паливні матеріали в якості джерела енергії. Це також стосується підприємств, що займаються виплавою сталі, виробництвом акумуляторів і гальванотехнічними цехами.

Має широкий діапазон застосувань, включаючи:

- Виробництво нержавіючої сталі: Використовується як складова нержавіючої сталі, яка має високу стійкість до корозії та інших хімічних агресивних середовищ.
- Акумулятори: Нікель-кадмієві та нікель-метал-гідридні акумулятори, що використовуються в різних електричних пристроях, включаючи телефони, ноутбуки, електромобілі та інші пристрої.
- Електроніка: Нікель використовується як складова різних електронних пристроїв, таких як транзистори та кабелі.
- Металургія: Використовується для виготовлення різних металевих сплавів, включаючи нікелеві сплави, які мають високу міцність та стійкість до корозії.
- Хімічна промисловість: Використовується як каталізатор в різних хімічних процесах, таких як виробництво пластику та синтез кетонів.
- Монети: Нікель використовується для виготовлення нікелевих монет.

Так, вплив нікелю на довкілля може бути значним. Процеси добування та переробки нікелю можуть призводити до серйозного забруднення повітря та води, створюючи потенційні загрози для здоров'я людей та екосистеми в цілому.

Зокрема, використання нікель-кадмієвих акумуляторів також може мати негативний вплив на навколишнє середовище через викид шкідливих речовин. Це призвело до ухвалення законодавчих актів у багатьох країнах, спрямованих на обмеження або заборону використання цих типів акумуляторів з метою захисту навколишнього середовища та здоров'я громадян.

Виробництво нікелю може призводити до деградації земель та впливу на місцеві екосистеми через викиди та скиди шкідливих речовин. Зокрема, забруднення ґрунтів та водойм може мати серйозний вплив на флору та фауну в зоні дії промислових підприємств.

У зв'язку з цим, багато компаній, що займаються добуванням та переробкою нікелю, здійснюють заходи для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Це може включати в себе впровадження більш екологічно чистих технологій, систем управління відходами, а також співпрацю з організаціями та урядовими органами для вдосконалення стандартів екологічної безпеки.

В організмі людини нікель виконує ключову роль у функціонуванні ряду ферментів. Нестача цього мікроелементу може призвести до інгібування дії печінкових ензимів, порушення ефективності ендоплазматичного ретикулуму гепатоцитів та дихальних процесів у мітохондріях. Крім того, недостаток нікелю може впливати на склад ліпідів в печінці.

Нікель також взаємодіє з регуляцією метаболізму гему в печінці та нирках, активуючи гемоксигеназу. Цей процес є важливим для забезпечення правильного обороту гему в організмі, забезпечуючи необхідні функції для здоров'я.

Підтримка оптимальних рівнів нікелю в організмі важлива для забезпечення нормального функціонування клітин та систем, і подолання нестачі цього мікроелементу може відігравати ключову роль у підтримці здоров'я.

Токсичний вплив нікелю супроводжується зниженням активності ключових металоферментів, порушенням процесів синтезу білка, РНК та ДНК.

Розчинні і нерозчинні сполуки нікелю мають здатність індукції одностранных розривів в молекулі ДНК та порушують зшивки між ДНК та білками. Внутрішньоклітинна концентрація нікелю тісно пов'язана з рівнем пошкодження ДНК та інтенсивністю її репарації. Іон нікелю особливо активно взаємодіє з аденіном та гуаніном, викликаючи порушення в нуклеїнових кислотах на молекулярному рівні. Це явище підкреслює серйозний вплив нікелю на генетичний матеріал і процеси його відновлення в клітинах організму.

Сполуки нікелю, як правило, не виявляють високої токсичності. Однак у металургійній промисловості слід враховувати, що нікель-карбоніл може призводити до професійного отруєння, особливо при вмісті його у повітрі в концентраціях від 7 до 35 мг/л. Цей сполук, потрапляючи через дихальні шляхи та розкладаючись у крові, специфічно впливає на ендотелій судин, особливо мозку і наднирників, що може призвести до виникнення крововиливів в цих органах.

Карбоніл нікелю високо поглинається тканинами, розподіляючись нерівномірно: приблизно 50% відкладається у внутрішніх органах і крові, 30% - у м'язах і жировій тканині, 15% - в кістках і сполучній тканині. Накопичення цього мікроелементу в легенях і нирках пов'язують з його канцерогенним потенціалом, оскільки відомі випадки нікелевого раку нирок і легень, але не раку печінки. Канцерогенну дію нікелю (при депонуванні його в тканинах) можна узагальнити наступним чином: інгібування активності бенз(а)пірен-гідроксилази і ферментів детоксикації канцерогенів; пригнічення активності природних кілерів; формування комплексу білок-нікель-ДНК; розрив молекул ДНК з порушенням транскрипції, зокрема індукції синтезу РНК; індукція хромосомних пошкоджень; поява хромосомних мутацій; активація онкогенів; розвиток метапластичних, диспластичних і неопластичних процесів (рак різної локалізації).

Токсична дія нікелю на організм (при депонуванні його в тканинах) полягає в індукції гострих і хронічних запальних процесів, змінах функціональної активності макрофагів; вазоконстрикторному ефекті;

модифікації метаболізму ліпідів, білків (ферментів), глікогену, глюкози, ДНК, РНК; посиленні перекисного окислення ліпідів; збільшенні проникливості біологічних мембран; деструкції мітохондрій, змінах енергетичного обміну [17].

Плюмбум. Плюмбум і його сполуки є дуже токсичними. Поступове накопичення плюмбуму в організмі (можливе надходження з їжею, через органи дихання, всмоктування шкірою) викликає хронічне отруєння. Ознаки отруєння: виснаження організму, кольки, порушення роботи нирок, м'язова слабкість, чорна свинцева (PbS) облямівка на зубах близько ясен.

Свинець – важкий, синювато-білий, дуже м'який метал. Чистий свинець це голубувато-білий метал з характерною для металів кубічною гранецентрованою структурою.

Добре піддається литтю, куванню, спаюванню і прокатці. На повітрі, в жорсткій воді і сульфатній кислоті дуже стійкий (покривається захисною плівкою відповідно оксидною, карбонатною і сульфатною); нестійкий в прісній воді, насиченій карбон діоксидом, внаслідок утворення розчинного плюмбум(II) гідрокарбонату $Pb(HCO_3)_2$ [25].

В сучасній промисловості свинець є багатоаспектним матеріалом, знаходячи широке застосування в різноманітних галузях. Його використовують для створення оболонки кабелів, електродів акумуляторів та анодів, необхідних у процесах хромування. Одним із цікавих застосувань є покриття свинцем внутрішніх поверхонь судин, призначених для зберігання сульфатної кислоти, що свідчить про його високу хімічну стійкість.

Окрім того, свинець використовується при виготовленні органічних сполук плюмбуму, таких як тетраетилплюмбум. Цей метал входить у склад припоїв і сплавів, які використовують для виготовлення підшипників і друкарського шрифту. Невід'ємною частиною його застосування є також використання свинцевих матеріалів як ефективного захисту від проникаючого випромінювання.

Технологічні методи, такі як свинцювання, використовуються для футерування, обкладання та наварювання свинцевих листів, або застосування

гальванічного покриття плюмбуму шляхом електролізу розчинів плюмбум фенолсульфоната і желатину. Також термін "свинцювання" визначає процес введення тетраетилплюмбуму в бензин, який називається етилюванням бензину. Ці технології визначаються не лише практичною корисністю, але і широким спектром застосувань, що зробиє свинець важливим компонентом в сучасних індустріальних процесах.

У природі свинець зустрічається в земній корі в невеликій кількості у вигляді руди галеніту і є кінцевим стабільним продуктом розпаду урану. З природних запасів свинець надходить у повітря у вигляді силікатного пилу, вулканічного диму, морських сольових аерозолів та метеоритного пилу, що є незначною кількістю від загального об'єму.

Найбільш небезпечними джерелами забруднення свинцем є наступні виробництва та технологічні процеси: металургійна промисловість, виробництво акумуляторів, пігментів, фарб, сикативів, спеціального скла, мастил, антидетонаційних присадок до автомобільних бензинів, пластмас тощо [8, 9].

Широке використання свинцю та його сполук у різних галузях господарства призвело до значного забруднення ним виробничого і навколишнього середовищ. Щорічно в атмосферу надходить 1250 кілограмів свинцю [26].

Потрапляння свинцю в організм людини через інгаляційний шлях може відбуватися у формі аерозолів та пилу. Ступінь поглинання цього металу через легені залежить від розміру аерозольних частинок. Частинки менше 0,5 мкм повністю поглинаються, тоді як частинки більшого розміру виводяться вйчастим епітелієм респіраторного тракту, а частина з них може бути захоплена легеневиими макрофагами. Неорганічні сполуки свинцю утримуються в легенях на рівні 35–50%.

У випадку контакту з органічними сполуками свинцю можливе проникнення цього металу через пошкоджену шкіру. Цікаво, що частинки свинцю розміром до 100 нм можуть проникати через непошкоджену шкіру, відмінно від більших частинок, які зазвичай не можуть пройти через невіривняні

шари епідермісу. Таке проникнення через шкіру може відбуватися в умовах взаємодії з органічними речовинами, що робить цей механізм потрапляння свинцю в організм значущим при взаємодії з різноманітними середовищами та матеріалами.

Потрапляння свинцю в організм може відбуватися через дихальну систему або органи травлення, при цьому важливу роль в цьому має особливість всмоктування цього металу саме організмом дітей. Навіть невеликі концентрації свинцю можуть мати негативний вплив на органи, при цьому можуть відсутні симптоми інтоксикації.

Існують два основних шляхи потрапляння свинцю в організм людини: ковтання та вдихання.

- Вдихання: Частки свинцю, присутні в повітрі у вигляді диму або пилу, можуть потрапити глибоко в легені при їхній достатній малості, наприклад, менше п'яти мікрометрів (тобто менше п'яти мільйонних частин метра). Більші частки затримуються у верхніх дихальних шляхах і виводяться з легенів, а потім можуть бути проковтнуті.

- Ковтання: Потрапляння свинцю через ковтання може відбутися, якщо метал потрапив у їжу або напої. Також може статися під час вживання їжі або куріння немитими руками.

Враховуючи особливості цих механізмів, слід звертати увагу на різноманітні шляхи можливого впливу свинцю на організм, особливо у врахуванні вразливості дітей до цього токсину.

Після вдихання або ковтання значна частина свинцю потрапляє в кровообіг. Його шлях крізь організм включає циркуляцію крові, накопичення в органах і тканинах. Хоча певна кількість свинцю може виводитися з організму, частина залишається в крові та тканинах. Цей процес може прискорюватися, якщо організм отримує більше свинцю, ніж здатний виділити. Такий залишений в тканинах свинець може спричиняти повільні, але незворотні ушкодження, спочатку в окремих клітинах, а потім в органах і системах.

Свинець блокує синтез гемоглобіну, викликає анемію, спричиняє порушення провідності нервової тканини. Через свою здатність накопичуватися в тканинах організму є однією з найнебезпечніших отрут.

Симптоми отруєння свинцем:

- блідо-сірий колір шкіри;
- темний наліт по краях ясен;
- слабкість, нудота, втрата маси тіла;
- анемія;
- головний біль;
- порушення функцій сечовидільної, нервової, репродуктивної систем.

Під час виконання будь-якого завдання свинець може потрапити в організм людини. Особливо високий ризик впливу свинцю існує серед тих, хто працює з обробкою заліза, будівництвом, знесенням, фарбуванням, сантехнічними роботами, зварюванням, установкою і ремонтом систем опалення та кондиціонування повітря, технічним обслуговуванням і ремонтом будівель, електрикою, теслярськими роботами, ремонтом і реконструкцією.

Щодо джерел потрапляння свинцю в організм, приблизно 30–45% отримується з їжею, 30% з пилу, 10–20% з питною водою і 5–20% з повітря. Виділення свинцю з організму відбувається через кал, сечу, пот, молоко та слину. Найбільша кількість свинцю виводиться з калом, як весь свинець, що не всмоктався в травному тракті. Нирками через клубочкову фільтрацію середньодобове виділення становить приблизно 30 мкг свинцю. Кількість металу, що виділяється з потом, складає до 60 мкг за добу [25].

Цинк. Цинк – це блакитно-білий метал з легкою структурою, який відрізняється своєю м'якістю. Його висока стійкість до корозії та інших хімічних впливів зробила його популярним у різних галузях промисловості та науки. Цинк має важливе значення в біології та медицині, оскільки він є необхідним для належної функції багатьох ферментів та білків в організмі людини.

Цинк належить до групи перехідних металів та знаходиться у блоку d періодичної таблиці. Він має електронну конфігурацію [Ar] 3d¹⁰ 4s² та стабільний основний стан з двома невалентними електронами в зовнішньому s-орбіталі. Це робить його дуже стійким до окислення та корозії.

Цинк потрапляє в природні води через стічні води гірничо-збагачувальних комбінатів, гальванічних цехів, а також у процесах виробництва пергаментного паперу, мінеральних фарб, віскозного волокна та інших галузей. В природних водах цинк може перебувати у формі іонів, мінеральних та органічних комплексів, а іноді у нерозчинних формах, таких як гідроксиди, карбонати, сульфідні. Цинк відноситься до активних мікроелементів, які впливають на ріст і нормальний розвиток організмів. Важливо враховувати, що деякі сполуки цинку, зокрема сульфат і хлорид, можуть мати токсичний ефект. Гранично допустима концентрація цинку у воді становить 1 мг/дм³.

Цинк в природних умовах може зустрічатися у вигляді різних мінералів, таких як цинкова обманка (ZnS), смітсоніт (ZnCo₃), цинкіт (ZnO) та інші. Найбільше промислового значення мають карбонатні та сульфідні руди цинку.

Токсичність цинку для водних рослин може коливатися в широкому діапазоні, залежно від концентрації у воді. Згідно з даними, вона змінюється від 0,0075 до 50 мг/л.

Температура навколишнього водного середовища є істотним фактором для багатьох видів риб, впливаючи на їхню життєдіяльність. У ссавців, цинк відіграє важливу роль у біосинтезі нуклеїнових кислот, РНК- і ДНК-полімераз, що робить його життєво важливим компонентом. Крім того, цинк є необхідним для ферменту крові, карбоангідрази, який міститься в еритроцитах.

Токсичність цинку для людини може залежати від його взаємодії (синергізму або антагонізму) з іншими важкими металами, особливо з кадмієм. Такі взаємодії можуть впливати на ступінь токсичності цинку та його вплив на організм людини.

Цинк дійсно має унікальні хімічні властивості, які роблять його важливим у багатьох галузях. Його висока стійкість до корозії і окислення робить його

ідеальним для захисних покриттів на металевих поверхнях, що сприяє збереженню їхньої інтегритети. Електропровідність цинку висока, що робить його корисним матеріалом у виробництві електроніки та електротехніки.

Цинк може взаємодіяти з киснем і водою, але він не розчиняється у воді. В той же час він добре розчиняється в кислотах, таких як сірчана, азотна та хлоридна, що робить його важливим реагентом у хімічних синтезах. Такі хімічні властивості розширюють сферу застосування цинку в хімічній промисловості та дослідженнях.

Цинк є невід'ємною складовою багатьох галузей і має важливі застосування в промисловості та медицині. У промисловості, він використовується для виробництва гальванічних елементів, таких як батареї, завдяки його властивостям як хорошого електропровідника. Також цинк входить до складу сплавів, наприклад, мідно-цинкового сплаву, який використовується для виготовлення монет та інших металевих виробів.

У медицині, цинк відомий своїми лікарськими властивостями. Він може бути використаний для лікування різних захворювань шкіри, таких як дерматит та акне, завдяки своїм протизапальним і заживляючим властивостям. Крім того, цинк використовується для зменшення симптомів простудних захворювань та грипу, оскільки він сприяє підтримці імунної системи.

Залежно від складу ґрунтів, характеру кореневої системи, інтенсивність поглинання рослинами іонів металів з твердої фази може змінюватися у сотні і тисячі разів. У ході досліджень встановлено, що вміст хімічних елементів у рослинах не залежить від їх концентрації у живильному середовищі. Особливо це характерно для мікроелементів [27].

2.2. Способи визначення вмісту важких металів у ґрунтах

Аналіз ґрунту на вміст важких металів є важливою складовою екологічного моніторингу та дозволяє виявити рівень забруднення території цими шкідливими речовинами. Важкі метали, такі як свинець, кадмій, ртуть, хром та інші, можуть

накопичуватися в ґрунті внаслідок різноманітних антропогенних впливів, таких як промислова діяльність, сільське господарство, інші види забруднення.

Вміст важких металів в ґрунті має потенційний негативний вплив на рослини, тварин і мікроорганізми, які складають ґрунтову екосистему. Це може викликати погіршення якості ґрунту, порушення екологічної рівноваги та забруднення підземних вод. Важкі метали можуть бути токсичними навіть у невеликих концентраціях і спричиняти шкідливі наслідки для здоров'я людей, які можуть використовувати продукти, вирощені на забруднених територіях.

Застосування сучасних методів аналізу та впровадження заходів контролю за вмістом важких металів у ґрунті допомагає у виявленні проблем екологічного характеру та прийнятті заходів для зменшення їх впливу на навколишнє середовище.

Забруднення ґрунту важкими металами наслідками має серйозні проблеми в аграрному секторі та загрозу для здоров'я людей. Це знижує врожайність та якість сільськогосподарської продукції через токсичний вплив металів на рослини та ґрунтову мікрофлору. Особливо в орних ґрунтах, ця проблема стає надзвичайно актуальною, враховуючи, що важкі метали можуть довгий час залишатися в ґрунті, накопичуючись та переходячи в ланцюг живлення.

Негативний вплив важких металів на здоров'я людей виникає через їхнє потрапляння в організм через консумацію забруднених продуктів. Ці метали накопичуються в органах, переважно в нирках і печінці, порушуючи обмін речовин та функцію цих органів. Це може призводити до серйозних захворювань та системних порушень в організмі, оскільки токсини вже не ефективно виводяться, викликаючи хронічні стани та інші важкі захворювання. Таким чином, контроль та управління забрудненням важкими металами в ґрунті стають ключовими завданнями для забезпечення продовольчої безпеки та охорони здоров'я.

Абсолютно правильно. Свинець та інші важкі метали, які потрапляють в ґрунт, можуть мати серйозний вплив на здоров'я людей. Негативні наслідки включають порушення нервової системи, проблеми зі шлунково-кишковим

трактом, а також можуть призводити до анемії та інших захворювань. Дитячий організм є особливо чутливим до впливу важких металів, оскільки в період зростання та розвитку відбуваються важливі фізіологічні процеси, і будь-які порушення можуть мати довготривалі наслідки.

Таким чином, аналіз ґрунту на важкі метали стає ключовим елементом для забезпечення здоров'я людей і визначення ступеня екологічної безпеки навколишнього середовища. Це також дозволяє вживати вчасні заходи для зменшення або уникнення негативних наслідків забруднення важкими металами.

Поширення забруднення по території залежить від особливостей його джерела, метеорологічних умов, напрямку вітру, особливостей рельєфу і т.д.

На розподіл важких металів у ґрунті впливають такі чинники:

- гранулометричний склад;
- оксиди та гідроксиди;
- реакція середовища і окислювально-відновний потенціал;
- карбонати;
- органічна речовина ґрунту;
- використання добрив;
- ґрунтова біота;
- міграція за профілем ґрунту;
- характеристики самого металу.

Аналіз ґрунту на важкі метали не лише визначає рівень забруднення, але і допомагає визначити характеристики розподілу та міграції цих металів у природному середовищі. Розподіл може бути залежний від ряду чинників, таких як географічні особливості, клімат, характеристики ґрунту, а також види та кількість речовин, що потрапляють в ґрунт.

Важливо відзначити, що токсичні речовини, які потрапляють у високі шари атмосфери, можуть дійсно переноситися на значні відстані, що робить їхні наслідки більш розповсюдженими. Це може викликати проблеми екологічної

безпеки не лише в непосредній близькості від джерела забруднення, але і в інших регіонах.

Аналіз і вивчення цих процесів допомагає розуміти та прогнозувати динаміку забруднення та розподіл важких металів у ґрунті, що, в свою чергу, може впливати на розробку ефективних стратегій управління та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [26, 16].

Контроль за станом ґрунтів вкрай важливий, особливо з огляду на зростаючі з кожним роком антропогенні навантаження. Що стосується моніторингу за забрудненням ґрунтів важкими металами, то тут можна виділити наступні завдання:

- контроль над вмістом важких металів в ґрунті внаслідок глобальних випадіннь (наприклад, аварія)
- контроль над локальним забрудненням (поблизу промислових підприємств і жвавих транспортних магістралей).

2.3. Спроби відновлення ґрунтів забруднених важкими металами

Всмоктування паливно-мастильних матеріалів ґрунтом супроводжується не лише фізичними змінами, але й суттєвим впливом на його біотичний склад. Під впливом цих матеріалів відбувається деградація ґрунтової структури, що спричинює зниження водопроникності, абоїдності, та пригнічення аеробних процесів.

Результатом цих негативних змін є порушення біохімічних та мікробіологічних процесів, що вибухає негативним впливом на водно-повітряний режим та циркуляцію поживних речовин у ґрунті. На відміну від природного стану, внаслідок цих деградаційних процесів в ґрунті порушується ефективність кореневого живлення рослин, що призводить до гальмування їхнього росту та розвитку, і, в кінцевому підсумку, до загибелі рослинного покриву.

В контексті відновлення урбанізованих екосистем, що піддані забрудненню катіонами металів, фіторе mediaція є перспективним інструментом реабілітації ґрунтів. Цей метод включає дві різниці стратегії, які спрямовані на активну роль рослин у відновленні екосистем:

- фітостабілізація – вирощування толерантних до надлишкових кількостей металів рослин із метою запобігання міграції металів трофічними ланцюгами в екосистемі;

- фітоекстракція – вирощування рослин, здатних поглинати з ґрунту катіони металів, концентрувати їх у надземній біомасі з подальшим переробленням.

Зниження вмісту важких металів у ґрунті можна здійснити кількома способами.

- Зняття верхнього шару ґрунту. Це можливо, якщо сталося атмосферне забруднення ґрунту важкими металами, і токсичні речовини концентруються саме у верхніх сантиметрах ґрунту.

- Використання хімічних речовин-інактиваторів, які знижують токсичну дію важких металів. Такими речовинами є, наприклад, іонообмінні смоли.

- Вапно і органічні добрива адсорбують важкі метали в ґрунті.

- Внесення великих доз деяких мінеральних добрив (наприклад, фосфору) знижує токсичний вплив свинцю, міді, кадмію, цинку.

Але найбільш дієвим способом боротьби із забрудненням ґрунтів важкими металами є профілактика. Удосконалення технологій та принципів виробництва на підприємствах здатне знизити шкідливі викиди в навколишнє середовище і уникнути забруднення.

Які ще можна вжити заходи? Моніторинг земель для максимального охоплення всієї потенційно ураженої площі з використанням сучасних технологій: високоточні супутникові дані для дистанційного моніторингу і оцифрування ділянок, що зазнали впливу воєнних дій;

Це дозволить зафіксувати, відцифрувати і встановити рівень шкоди кожної потенційно небезпечної ділянки поля. Прогресивні господарства, холдинги, які на своїх полях уже використовують елементи точного землеробства, можуть власними ресурсами відцифрувати пошкоджені ділянки, вирви тощо. Далі потрібно робити моніторинг ґрунтів і посівів до того часу, поки не переконаєтесь, що вплив забруднення на рослини і ґрунт відсутній [30].

2.4. Висновки до розділу

Авіапідприємства, внаслідок своєї діяльності, значною мірою сприяють накопиченню важких металів у ґрунтах, зокрема Cd, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn, та їхніх сполук. Ці токсичні речовини, потрапляючи в ґрунти та донні відклади, зберігаються у них протягом тривалого періоду часу, наносячи шкоду рослинам, тваринам та мікроорганізмам.

Проведення аналізу ґрунту на територіях авіаційних підприємств та на прилеглих територіях на вміст важких металів стає необхідним етапом екологічного моніторингу. Виявлення та оцінка рівнів важких металів у ґрунтах є критично важливим для розуміння ступеня забруднення та його можливих наслідків для екосистеми. Відомо, що важкі метали відіграють роль одного з ключових забруднювачів екосистеми, і при інтенсивному антропогенному впливі їхнє потрапляння в агроекосистеми перевищує захисні властивості останніх.

Розподіл та токсичність важких металів у ґрунті визначаються природними умовами регіону та конкретними властивостями кожного металу. Для відновлення забруднених ґрунтів найефективнішим методом є фіторе mediaція, яка базується на активній ролі рослин у процесі очищення. Однак важливо також систематично проводити моніторинг ґрунтів, щоб вчасно виявляти та запобігати новим випадкам забруднення.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЇ АВІАПІДПРИЄМСТВ

1.1. Поняття екологічного ризику

У сфері екології, термін "ризик" втілює концепцію "збитку", який може виникнути в результаті впливу різноманітних небезпечних факторів або який може виявитися у майбутньому. Визначення ризику враховує загрози, пов'язані з подіями, що можуть мати місце, такі як, наприклад, забруднення природних ресурсів відходами конкретного промислового підприємства.

Сам термін "ризик" тут є еквівалентом потенційного збитку, і його масштаб відповідає величині можливого збитку. Кількісна оцінка ризику є складним процесом, що включає аналіз числових значень ймовірності та наслідків небажаних процесів, явищ і подій. До числових показників ризику входять розмір можливого збитку, ймовірність виникнення небезпечного фактора, а також ступінь невизначеності, пов'язаної з розміром збитку та ймовірністю.

Екологічний ризик представляє собою потенційну загрозу виникнення непереборних екологічних явищ, таких як розгортання парникового ефекту, пошкодження озонового шару, радіоактивне забруднення чи вплив кислих опадів. У кожному з цих випадків, екологічний ризик приводить до можливих негативних наслідків для природи та людства, вимагаючи ретельного вивчення та ефективних стратегій управління для зменшення його впливу.

Найбільша загроза для живих організмів, включаючи людину, полягає в екологічному ризику, який виникає внаслідок техногенної дії на навколишнє середовище. Поняття природно-техногенного ризику відображає ймовірність виникнення негативних наслідків через антропогенні або техногенні впливи на природні об'єкти та фактори. Цей ризик може виникнути у зв'язку з впливом на здоров'я людей, умови проживання населення, природні ресурси, виробничу

діяльність, цілісність ландшафтів і т.д.

Складові природно-техногенного ризику включають:

- Техногенне навантаження (Т): Це вплив техногенних чинників, що виникають внаслідок промислової, транспортної, енергетичної та інших видів діяльності людини.
- Стійкість природи (С) до техногенного навантаження: Це оцінка того, наскільки природні системи можуть витримати або адаптуватися до техногенного впливу без значних змін.
- Несприятливі природно-антропогенні процеси (Н): Це явища, які можуть посилювати або послаблювати техногенне навантаження та стійкість природи в конкретних регіонах.

Цей комплексний підхід дозволяє оцінювати ризик, враховуючи не тільки технічні аспекти, але й екологічні, економічні та соціальні аспекти, що допомагає розробляти ефективні стратегії управління ризиком та збереження стійкості природних екосистем.

Щодо кількісної оцінки, поняття "екологічний ризик" можна визначити як відношення величини можливого збитку від впливу шкідливого екологічного фактора протягом визначеного інтервалу часу до нормованої величини інтенсивності цього фактора. Таким чином, основний фокус при визначенні екологічного ризику спрямований на аналіз співвідношення шкідливих екологічних наслідків, включаючи смертельні випадки, та кількісної оцінки як загального шкідливого екологічного впливу, так і його компонентів.

У розвинених країнах світу вже існує тенденція застосування концепції "допустимого ризику". Допустимий екологічний ризик, пов'язаний з різними видами діяльності, формується під впливом економічних, соціальних та психологічних факторів. Оцінка ризику для людей поділяється на дві категорії: індивідуальний, який визначається ймовірністю, що людина піддасться небезпеці під час своєї діяльності; та соціальний, що визначається співвідношенням між кількістю людей, які загинули в результаті однієї події, та ймовірністю цієї події.

На сьогоднішній день, оцінка ризику стала необхідним та незамінним аналітичним інструментом, який дозволяє визначити фактори ризику для здоров'я людини, їх взаємозв'язок і, на цій основі, встановлювати пріоритети дій щодо мінімізації ризику. Орієнтація на мінімізацію ризику визначається кількома ключовими напрямками, які базуються на комплексному підході:

- Оцінка ризику: аналіз походження та розміру ризику в конкретній ситуації стає важливим кроком в розумінні загроз для здоров'я. Це включає в себе ідентифікацію потенційних небезпечних чинників та визначення ступеня їх впливу на людей.

- Керування ризиком: аналіз ризикованих ситуацій передбачає розробку та обґрунтування управлінських рішень. Це може включати створення законодавчих нормативів, правових актів чи політик, спрямованих на мінімізацію ризику. Застосування таких заходів часто визначається потребами громадського здоров'я та науково обґрунтованими підходами.

Цей підхід до мінімізації ризику визнає важливість інтеграції оцінки та керування ризиком як ефективного способу забезпечення безпеки та добробуту спільноти. Сучасні стратегії базуються на наукових дослідженнях та практичних заходах для ефективного управління ризиком та забезпечення сталого розвитку.

Наукові дані в галузі інженерної та промислової екології інтегруються в практику розробки технічних засобів ще на етапі початкового проектування. Процес проектування визначається важливістю вирішення завдань взаємної адаптації людини, техніки та середовища. Екологія взаємодіє з економікою, організацією праці, соціологією та іншими дисциплінами, які вивчають соціотехнічні системи. Це призводить до виникнення нового наукового комплексу - науки управління.

Основним напрямом в цих питаннях є глибоке вивчення механізмів управлінських процесів, структур та управлінської діяльності в цілому, при цьому врахуванням людських факторів і стану екологічних систем. Цей підхід вимагає аналізу взаємодії між людьми, технологіями та навколишнім середовищем з урахуванням природних та соціальних вимірів.

Такий комплексний підхід сприяє розвитку науки управління, яка враховує не лише технічні питання, але й соціальні, екологічні та економічні вимоги. Результатом цього є створення стійких, ефективних та екологічно безпечних технічних рішень, що відповідають сучасним викликам і нормам сталого розвитку [31].

1.2. Методика розрахунку ризику

З метою визначення вмісту важких металів на території аеропорту було відібрано чотири проби ґрунту на різній відстані від злітно-посадкової смуги. А саме: 500м, 1000м, 1500 м та 2000 м.

Проби було відібрано за стандартною методикою методом «конверту».

Вміст важких металів (Cu, Zn, Ni, Pb) у зазначених пробах ґрунту було визначено на базі Лодзинського технічного університету з використанням спектрометру iCAP 7000 SERIES компанії Thermo.

Отримані дані представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Вміст важких металів у пробах ґрунту

Відстань до ЗПС, м	Cu		Zn		Ni		Pb	
	<i>C,</i> <i>мг/кг</i>	<i>ГДК,</i> <i>мг/кг</i>	<i>C,</i> <i>мг/кг</i>	<i>ГДК,</i> <i>мг/кг</i>	<i>C,</i> <i>мг/кг</i>	<i>ГДК,</i> <i>мг/кг</i>	<i>C,</i> <i>мг/кг</i>	<i>ГДК,</i> <i>мг/кг</i>
500	12,59	3,0	35,1	23,0	4,8	4,0	20,1	2,1
1000	12,38	3,0	38,6	23,0	9,1	4,0	15,8	2,1
1500	14,9	3,0	42,0	23,0	10,0	4,0	16,0	2,1
2000	24,2	3,0	96,5	23,0	7,4	4,0	23,0	2,1

З метою визначення рівня акумуляції важких металів у ґрунті розраховувався сумарний показник забрудненості Z_c , що відображає комплексний ефект впливу всієї групи елементів та визначається як адитивна

сума перевищень коефіцієнтів концентрацій елементів над фоновим рівнем, формула (3.1):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (3.1)$$

де n – число врахованих елементів, K_c – коефіцієнт концентрації (накопичення), відношення фактичної концентрації до фонового вмісту.

Cu

Отже, для Cu для відстані 500 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{12,59}{3,0} = 4,2$

Для Cu для відстані 1000 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{12,38}{3,0} = 4,1$

Для Cu для відстані 1500 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{14,9}{3,0} = 5,0$

Для Cu для відстані 2000 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{24,2}{3,0} = 8,0$

Загалом $K_c = 5,3$

Zn

Для Zn для відстані 500 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{35,1}{23,0} = 1,5$

Для Zn для відстані 1000 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{38,6}{23,0} = 1,7$

Для Zn для відстані 1500 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{42,0}{23,0} = 1,8$

Для Zn для відстані 2000 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{96,5}{23,0} = 4,2$

Загалом $K_c = 2,3$

Ni

Для Ni для відстані 500 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{4,8}{4,0} = 1,2$

Для Ni для відстані 1000 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{9,1}{4,0} = 2,3$

Для Ni для відстані 1500 м $K_c = \frac{C}{ГДК} = \frac{10,0}{4,0} = 2,5$

$$\text{Для } N_i \text{ для відстані 2000 м} \quad K_c = \frac{C}{\text{ГДК}} = \frac{7,4}{4,0} = 1,85$$

$$\text{Загалом } K_c = 7,85$$

Р_б

$$\text{Для Р}_b \text{ для відстані 500 м} \quad K_c = \frac{C}{\text{ГДК}} = \frac{20,1}{2,1} = 9,6$$

$$\text{Для Р}_b \text{ для відстані 1000 м} \quad K_c = \frac{C}{\text{ГДК}} = \frac{15,8}{2,1} = 7,5$$

$$\text{Для Р}_b \text{ для відстані 1500 м} \quad K_c = \frac{C}{\text{ГДК}} = \frac{16,0}{2,1} = 7,6$$

$$\text{Для Р}_b \text{ для відстані 2000 м} \quad K_c = \frac{C}{\text{ГДК}} = \frac{23,0}{2,1} = 10,1$$

$$\text{Загалом } K_c = 8,7$$

Далі, розраховуємо за формулою $Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1)$ для усіх відстаней від аеропорту:

$$Z_{c500\text{м}} = \sum_{i=1}^n 4,2 + 1,5 + 1,2 + 9,6 - (4 - 1) = 13,5$$

$$Z_{c1000\text{м}} = \sum_{i=1}^n 4,1 + 1,7 + 2,3 + 7,6 - (4 - 1) = 12,7$$

$$Z_{c500\text{м}} = \sum_{i=1}^n 5 + 1,8 + 2,5 + 7,6 - (4 - 1) = 13,9$$

$$Z_{c500\text{м}} = \sum_{i=1}^n 8,0 + 4,2 + 1,85 + 10,1 - (4 - 1) = 21,15$$

Відповідність розрахованого показника Z_c стандартній класифікації

Ступінь забруднення	Z_c	Значення сумарного показника забрудненості ґрунту			
		Z_{c500m}	Z_{c1000m}	Z_{c1500m}	Z_{c2000m}
Дуже слабкий	<8	-	-	-	-
Слабкий	8-16	13,5	12,7	13,9	-
Помірний	16-32	-	-	-	21,15
Сильний	32-64	-	-	-	-
Дуже сильний	64-128	-	-	-	-
Надзвичайно сильний	>128	-	-	-	-

Хоча ця методика використовується в багатьох роботах, пов'язаних із оцінкою накопиченням важких металів у ґрунтах, недоліком показника Z_c є те, що він не відображає токсичності кожного окремого металу, тому доцільно, крім Z_c , використовувати такий показник, як RI – потенційний екологічний ризик забруднення ґрунтів, який визначається за формулою (3.2):

$$RI = \sum E_i, \quad (3.2)$$

де E_i – фактор ризику для i -того ВМ,

$$E_i = T_i f_i = T_i \frac{C_i}{S_i}, \quad (3.3)$$

де T_i – фактор, що відображає токсичність i -того важкого металу і ступінь чутливості довкілля до даного металу, значення T_i для Ni, Cu, Pb, та Zn складає 5, 5, 5 та 1 відповідно.

f_i – відношення фактичної концентрації ВМ, (C_i) до його фонового вмісту (S_i).

Cu

$$\text{Отже, для Cu} \quad E_{Cu} = T_{Cu} f_{Cu} = T_{Cu} \frac{C_{Cu}}{S_{Cu}} = 5 \frac{12,59}{6,0} = 10,5$$

$$\text{Для Cu} \quad E_{Cu} = T_{Cu} f_{Cu} = T_{Cu} \frac{C_{Cu}}{S_{Cu}} = 5 \frac{12,38}{6,0} = 10,5$$

$$\text{Для Cu} \quad E_{Cu} = T_{Cu} f_{Cu} = T_{Cu} \frac{C_{Cu}}{S_{Cu}} = 5 \frac{14,9}{6,0} = 12,5$$

$$\text{Для Cu} \quad E_{Cu} = T_{Cu} f_{Cu} = T_{Cu} \frac{C_{Cu}}{S_{Cu}} = 5 \frac{24,2}{6,0} = 20,0$$

Загалом $E_{Cu} = 13,4$

Zn

$$\text{Для Zn} \quad E_{Zn} = T_{Zn} f_{Zn} = T_{Zn} \frac{C_{Zn}}{S_{Zn}} = 1 \frac{35,1}{70,1} = 0,5$$

$$\text{Для Zn} \quad E_{Zn} = T_{Zn} f_{Zn} = T_{Zn} \frac{C_{Zn}}{S_{Zn}} = 1 \frac{38,6}{70,1} = 0,55$$

$$\text{Для Zn} \quad E_{Zn} = T_{Zn} f_{Zn} = T_{Zn} \frac{C_{Zn}}{S_{Zn}} = 1 \frac{42,0}{70,1} = 0,6$$

$$\text{Для Zn} \quad E_{Zn} = T_{Zn} f_{Zn} = T_{Zn} \frac{C_{Zn}}{S_{Zn}} = 1 \frac{96,5}{70,1} = 1,4$$

Загалом $E_{Zn} = 0,8$

Ni

$$\text{Для Ni} \quad E_{Ni} = T_{Ni} f_{Ni} = T_{Ni} \frac{C_{Ni}}{S_{Ni}} = 5 \frac{4,8}{2,43} = 9,9$$

$$\text{Для Ni} \quad E_{Ni} = T_{Ni} f_{Ni} = T_{Ni} \frac{C_{Ni}}{S_{Ni}} = 5 \frac{9,1}{2,43} = 18,7$$

$$\text{Для Ni} \quad E_{Ni} = T_{Ni} f_{Ni} = T_{Ni} \frac{C_{Ni}}{S_{Ni}} = 5 \frac{10,0}{2,43} = 20,6$$

$$\text{Для Ni} \quad E_{Ni} = T_{Ni} f_{Ni} = T_{Ni} \frac{C_{Ni}}{S_{Ni}} = 5 \frac{7,4}{2,43} = 15,2$$

Загалом $E_{Ni} = 16,1$

Pb

$$\text{Для Pb} \quad E_{Pb} = T_{Pb} f_{Pb} = T_{Pb} \frac{C_{Pb}}{S_{Pb}} = 5 \frac{20,1}{8,9} = 11,3$$

$$\text{Для Pb} \quad E_{Pb} = T_{Pb} f_{Pb} = T_{Pb} \frac{C_{Pb}}{S_{Pb}} = 5 \frac{15,8}{8,9} = 8,9$$

$$\text{Для Pb} \quad E_{Pb} = T_{Pb} f_{Pb} = T_{Pb} \frac{C_{Pb}}{S_{Pb}} = 5 \frac{16,0}{8,9} = 9,0$$

$$\text{Для Pb} \quad E_{Pb} = T_{Pb} f_{Pb} = T_{Pb} \frac{C_{Pb}}{S_{Pb}} = 5 \frac{23,0}{8,9} = 12,9$$

$$\text{Загалом } E_{Pb} = 10,5$$

Визначаємо потенційний екологічний ризик забруднення ґрунтів на різній відстані від аеропорту $RI_{500} = \sum E_i = E_{Cu} + E_{Zn} + E_{Ni} + E_{Pb} = 10,5 + 0,5 + 9,9 + 11,3 = 21,15$

$$RI_{1000} = \sum E_i = E_{Cu} + E_{Zn} + E_{Ni} + E_{Pb} = 10,5 + 0,55 + 18,7 + 8,9 = 38,65$$

$$RI_{1500} = \sum E_i = E_{Cu} + E_{Zn} + E_{Ni} + E_{Pb} = 12,5 + 0,6 + 20,6 + 9,0 = 42,7$$

$$RI_{2000} = \sum E_i = E_{Cu} + E_{Zn} + E_{Ni} + E_{Pb} = 20,0 + 1,4 + 15,2 + 12,9 = 49,5$$

$$S_{Cu} = 6,0$$

$$S_{Zn} = 70,1$$

$$S_{Ni} = 2,43$$

$$S_{Pb} = 8,9$$

Класифікації Z_c та RI представлені у табл. 2 та 3.

Таблиця 3.3.

Класифікація сумарного показника забрудненості ґрунтів Z_c

Ступінь забруднення	Z
Дуже слабкий	< 8
Слабкий	8-16
Помірний	16-32
Сильний	32-64
Дуже сильний	64-128
Надзвичайно сильний	>128

Таблиця 3.4.

Класифікація потенційного екологічного ризику забруднення ґрунтів

E_i	Індивідуальний	R_i	Загальний
$E_i \leq 40$	Низький	$R_i \leq 150$	Низький
$40 < E_i \leq 80$	Середній	$150 < R_i \leq 300$	Середній
$80 < E_i \leq 160$	Значний	$300 < R_i \leq 600$	Значний
$160 < E_i \leq 320$	Високий	$R_i > 600$	Дуже високий
$E_i > 320$	Надзвичайно високий		

Порівняльна характеристика отриманих значень екологічного ризику

E_i	Індивіду- альний	Cu	Zn	Ni	Pb	R_i	Загал ь-ний	RI_{500}	RI_{1000}	RI_{1500}	RI_{2000}
$E_i \leq 40$	Низький	13, 4	0,8	16, 1	10, 5	$R_i \leq 150$	Низь- кий	21,15	38,65	42,7	49,5
$40 < E_i \leq 80$	Середній	-	-	-	-	$150 < R_i \leq 300$	Серед- ній	-	-	-	-
$80 < E_i \leq 160$	Значний	-	-	-	-	$300 < R_i \leq 600$	Знач- ний	-	-	-	-
$160 < E_i \leq 320$	Високий	-	-	-	-	$R_i > 600$	Дуже висок ий	-	-	-	-
$E_i > 320$	Надзвич- айно високий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

За даними таблицями, можемо зробити висновки про рівень небезпечності забруднення ґрунтів на даній території. Згідно таблиці 2, можемо сказати, що сумарний показник забруднення $Z_c = 21,15$ для відстані від аеропорту 2000 м, знаходиться в межах від 16 до 32, і означає, що забруднення є помірним. Усі інші показники сумарного забруднення ґрунтів важкими металами на даній території відповідають слабкому рівню забруднення. І за шкалою небезпечності ґрунтів за сумарним показником Z_c отримані дані означають, що такий рівень забруднення належить до помірно небезпечної для усіх відстаней від аеропорту (16-32) і може призводити до підвищення загального рівня захворювання населення на території, що прилягає до даного авіаційного підприємства.

Відповідно до даних таблиці 3, можемо зробити висновок, що потенційний індивідуальний екологічний ризик для населення, що проживає на

території поряд з аеропортом знаходиться в межах $E_i \leq 40$ для усіх визначених важких металів і відповідає низькому рівню потенційного індивідуального екологічного ризику для населення.

А загальний екологічний ризик для населення RI становить 40,82 і теж відповідає за низький рівень ризику для здоров'я населення.

3.1. Висновки до розділу

Отже, можемо зробити висновок про те що сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами $Z_c=21,15$ для відстані від аеропорту 2000 м, знаходиться в межах від 16 до 32, і означає, що забруднення є помірним. Усі інші показники сумарного забруднення ґрунтів важкими металами на даній території відповідають слабкому рівню забруднення. І за шкалою небезпечності ґрунтів за сумарним показником Z_c отримані дані означають, що такий рівень забруднення належить до помірно небезпечної для усіх відстаней від аеропорту (16-32) і може призводити до підвищення загального рівня захворювання населення на території, що прилягає до даного авіаційного підприємства.

можемо зробити висновок, що потенційний індивідуальний екологічний ризик для населення, що проживає на території поряд з аеропортом знаходиться в межах $E_i \leq 40$ для усіх визначених важких металів і відповідає низькому рівню потенційного індивідуального екологічного ризику для населення.

А загальний екологічний ризик для населення RI становить 40,82 і теж відповідає за низький рівень ризику для здоров'я населення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних чинників працівника під час роботи на авіаційному підприємств

Високий ступінь забезпечення безпеки та невразливості працівників у промисловій галузі гарантується системою охорони праці. Небезпечні умови включають фактори, що можуть призвести до травм або раптового погіршення здоров'я. Шкідливі виробничі фактори, визначені згідно з ДСанПіН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», включають фізичні, хімічні, біологічні та фактори трудового процесу. Ця класифікація служить основою для оцінки та контролю впливу факторів на працівників, сприяючи забезпеченню безпеки та покращенню умов праці.

Відповідно до ДСанПіН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» шкідливі виробничі фактори поділяються на такі групи :

1) Фізичні (мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); барометричний тиск; неіонізуючі електромагнітні поля та випромінювання; іонізуючі випромінювання; виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (відсутність або недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо));

2) Хімічні (речовини хімічного походження, деякі речовини біологічної природи, які отримані хімічним синтезом та/або для контролю яких використовуються методи хімічного аналізу, аерозолі фіброгенної дії (пил));

3) Біологічні (мікроорганізми - продуценти, живі клітини та спори мікроорганізмів, що містяться в бактеріальних препаратах, патогенні мікроорганізми);

4) Фактори трудового процесу (важкість та напруженість праці).

Виконання аналізу стічних вод у лабораторії вимагає не лише дотримання техніки безпеки, але й глибокого розуміння її принципів та вміння застосовувати їх у різних ситуаціях. Нормативи охорони праці для роботи в хімічних лабораторіях, визначені Міністерством надзвичайних ситуацій України у наказі № 1192 від 11 вересня 2012 року, є ключовими для забезпечення безпеки та успішного виконання лабораторних досліджень.

Приміщення хімічних лабораторій з їх улаштуванням, обладнанням і плануванням повинні відповідати вимогам будівельних і санітарних норм, а також вказівок по будівельному проектуванню підприємств хімічної промисловості. Робоче місце інженера-технолога розташоване в лабораторії з обсягом і площею, що відповідають нормативам, забезпечуючи комфорт та відповідність нормам безпеки [28].

У процесі виконання роботи в лабораторії на людину може впливати один чи кілька небезпечних та шкідливих факторів. За джерела підвищеної температури в лабораторії можуть слугувати сушильні шафи, електроплитки та інші нагрівальні пристрої, а джерелом пониженої температури може бути кріостат. Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може призвести до збільшення температури й зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, необхідно дотримуватися певних параметрів мікроклімату.

Згідно з чинним КІ [28] встановлюються норми температури повітря у лабораторії (І (легка) категорія робіт): в холодний період року 20-23°C, а в теплий період року 22-25°C.

Неналежно спроектоване і виконане виробниче освітлення робочої зони та погані погодні умови можуть погіршити умови зорової роботи. Під час проведення аналізу у лабораторії інженерно-технічний персонал має контакт з

ПММ і спецречовинами, які відносяться до шкідливих речовин: бензин, А95, авіаційне та дизельне паливо; мастило; робочі рідини. Ненормований робочий день та тривала робота можуть призвести до перенавантаження організму. Для того щоб оцінити поточний стан охорони праці в лабораторії, необхідно виявити, які небезпечні та шкідливі виробничі фактори серед діючих на цьому робочому місці перевищують встановлені гранично допустимі рівні.

Основними причинами виникнення пожеж у лабораторії є:

- Несправність лабораторного устаткування та порушення правил їх експлуатації.
- Несправність або неправильний монтаж електроустановок і мереж, що призводить до підвищеного нагріву або короткого замикання, іскроутворення.
- Вибух горючих сумішей у повітрі при терті, ударах.
- Самозагоряння горючих речовин при неправильному зберіганні або незнанні їх пожежної небезпеки.
- Паління в пожежонебезпечних зонах.

Запобігання пожежі необхідно досягати двома способами:

- Запобігання утворенню горючого середовища.
- Запобігання утворенню в горючому середовищі (або внесення в нього) джерел запалювання [28].

4.2. Розробка заходів з охорони праці

Елементи силової та освітлювальної мережі повинні бути в вибухобезпечному виконанні. Установки і прилади з електроживленням, а також металеве покриття і бортики лабораторних столів необхідно заземлювати. Ефективним засобом створення комфортного мікроклімату є кондиціонування повітря. Це забезпечує постійність температури, вологості, швидкості руху повітря та його частоти, незалежно від зовнішніх умов.

Все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно - ця основна гігієнічна вимога. При роботі з комп'ютерною технікою ступінь освітлення приміщення і яскравість екрану комп'ютера повинні бути приблизно однаковими, оскільки яскраве світло в районі периферійного зору значно збільшує напруженість очей і, як наслідок, призводить до їх швидкої втоми.

Усе електрообладнання, електроінструменти при напрузі понад 36 В, а також обладнання та механізми, які знаходяться під напругою, надійно заземлені. Роботи з використанням електроінструменту та електрообладнання проводяться відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01.

Для відключення електромережі на вводах присутній рубильник. Відключення всієї мережі, за виключенням аварійного освітлення, проводиться загальним рубильником.

З метою запобігання електротравматизму забороняється:

- до роботи на електричних пристроях і установках допускати працівників, які не мають відповідного допуску та дозволу;
- працювати на несправних електричних пристроях і установках. Про всі виявлені дефекти в ізоляції проводів, про несправності пускачів, рубильників, штепсельних вилок, розеток тощо, а також заземлення й огороження слід негайно повідомляти черговому електротехнічному персоналу;
- переносити включені пристрої та залишати їх без нагляду.

Під час проведення робіт у зонах, де можливе скупчення горючих парів і газів, необхідно використовувати інструменти, що не утворюють іскор від удару та статичної електрики.

Приміщення лабораторії повинно постійно утримуватися в чистоті, розлиті рідини - негайно забиратися. Мийні приміщення для миття лабораторного посуду з-під легкозаймистих і горючих рідин повинні бути відокремлені від робочих приміщень непалкими перегородками з окремим виходом на зовні (у коридор) і мати місцеву витяжну вентиляцію.

У приміщеннях, де проводяться роботи із застосуванням спецречовин, не дозволяється зберігати та приймати їжу, а також палити. Меблі, стіни та підлога в лабораторії повинні бути виконані зі спеціального матеріалу, який не піддається або погано піддається впливу вогню та спецречовин. Лабораторія повинна бути забезпечена аптечкою з набором медикаментів і перев'язувальних засобів.

Витяжні шафи обладнуються комунікаціями для підведення води, стисненого повітря, побутового газу, електроенергії; для стоку води влаштовують раковини. Газові і водяні крани розміщують так, щоб виключити можливість випадкового відкриття крану.

Основні вимоги до систем вентиляції повинні включати:

1. Створення нормованих параметрів повітряного середовища: Система вентиляції повинна забезпечувати необхідний рівень температури, вологості, та інших параметрів повітря для комфортного та безпечного робочого середовища.

2. Запобігання забрудненню повітря: Вентиляційна система має уникати введення забрудненого повітря ззовні або через засмоктування забрудненого повітря з суміжних приміщень.

3. Запобігання протягам та різкому охолодженню: Вентиляційна система повинна бути спроектована так, щоб не створювати протягів або різкого охолодження в робочих зонах.

4. Доступність для управління та ремонту: Система повинна бути доступною для ефективного управління та можливості проведення ремонтних робіт під час експлуатації.

5. Вибухопожежобезпечність: Вентиляційна система повинна відповідати вимогам безпеки, у тому числі вимогам щодо запобігання вибухів і пожеж.

6. Відсутність додаткових незручностей: Під час експлуатації система не повинна створювати додаткових незручностей для працівників або впливати на якість продукції.

7. Економічність: Система повинна бути економічною та ефективною в енергоспоживанні.

8. Не заважати технологічним операціям: Вентиляційна система не повинна перешкоджати використанню технологічних устаткувань та операцій в приміщенні.

9. Не створювати перешкод цеховому транспорту: Система не повинна утруднювати рух цехового транспорту.

Ці вимоги спрямовані на створення безпечного та комфортного робочого середовища, а також на забезпечення ефективності виробничих процесів.

Постійно діюча вентиляція забезпечує кратність повітрообміну, який розрахований залежно від виду та класу небезпеки речовини, що перебуває в обігу в лабораторії. Також вона робиться для системи місцевих відсмоктувань, які відведення пилу та вибухонебезпечних речовин від місць їхнього утворення [28].

4.3. Рекомендації, щодо покращення умов праці

Всеосяжні заходи та методи протидії забрудненню атмосферного середовища на виробництві та захисту працюючих включають в себе:

1. Інновації у технологічних процесах:
 - Ефективне вилучення шкідливих речовин з технологічних процесів.
 - Заміна небезпечних речовин менш токсичними аналогами.
 - Перехід від свинцевих білил до безпечніших цинкових.
 - Застосування безпечних альтернатив метиловому спирту в інших видах.
 - Використання водяних миючих розчинів замість органічних розчинників для знежирювання.
2. Оптимізація технологічних процесів та обладнання:
 - Впровадження замкнутих технологічних циклів та неперервних процесів.

- Використання вологих методів обробки пиломатеріалів, відповідно до вимог мГДК мПР 80.

3. Автоматизація та дистанційне управління:

- Автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами, що усуває безпосередній контакт працівників із шкідливими речовинами.

4. Герметизація та локалізація:

- Герметизація виробничого устаткування для уникнення витоків шкідливих речовин.

- Робота технологічного устаткування під розрідженням.

- Локалізація шкідливих виділень за допомогою місцевої вентиляції та аспіраційних укріттів.

5. Функціонування систем опалення та вентиляції:

- Забезпечення нормальної роботи систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря та очистки викидів у атмосферу.

6. Медичні огляди та профілактика:

- Проведення попередніх та періодичних медичних оглядів працівників, які працюють у шкідливих умовах.

- Здійснення профілактичного харчування та дотримання правил особистої гігієни.

7. Контроль за вмістом шкідливих речовин:

- Систематичний контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

8. Використання засобів індивідуального захисту:

- Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту для мінімізації можливого впливу шкідливих факторів.

Засоби захисту органів дихання, такі як різноманітні респіратори та протигази, надають надійний захист органів дихання в умовах обмеженого вмісту шкідливих речовин та при забезпеченні необхідного рівня кисню у повітрі (не менше 18%). Серед цих засобів найширше застосування знаходять

респіратори, які можуть бути протипиловими, протигазовими та універсальними. Структурно вони складаються з маски або напівмаски та фільтра. Протипилові респіратори спрямовані на захист органів дихання від аерозолей та пилу [28-29].

Засоби захисту органів дихання, такі як різноманітні респіратори та протигазу, гарантують ефективний захист органів дихання в умовах обмеженого вмісту шкідливих речовин та при забезпеченні необхідного рівня кисню у повітрі (не менше 18%). Серед різних видів захисних засобів найбільш поширені респіратори, які поділяються на протипилові, протигазові та універсальні. Зазвичай вони складаються з маски або напівмаски та фільтра. Протипилові респіратори призначені для захисту органів дихання від аерозолей та пилу.

4.4. Пожежна безпека

У хімічній лабораторії можуть виникнути пожежі та загоряння з різних причин:

- Несправність пристроїв або порушення режиму роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування;
- Несправність пристроїв або перевантаження електромереж; самозапалення та самозаймання речовин та матеріалів при неправильному зберіганні чи використанні;
- Необережне поводження з вогнем, таке як куріння у невстановлених місцях, небезпечні вогневі роботи, залишення без нагляду електронагрівачів і т. д.

Загальні вимоги до систем протипожежної безпеки регулюються згідно з ДСТУ 8828:2019 "Пожежна безпека. Загальні положення".

З метою запобігання пожежі рекомендується:

1. Використовувати електричні споживачі, шнури живлення яких мають триполюсну вилку з запобіжним з'єднанням заземлювального проводу.

2. Не підключати до електромереж споживачів, шнури живлення яких мають пошкоджену ізоляцію.

3. Утримуватися від підключення до електричних споживачів, які мають пошкоджені або небезпечно підключені шнури живлення, вилки, розетки та подовжувачі.

4. Не використовувати для опалення приміщень нестандартне (саморобне) електронагрівальне обладнання або лампи розжарювання.

5. Перед підключенням до електромережі перевіряти наявність та надійність підключеного проводу до відповідних клем для споживачів, які мають окремий незалежний провід заземлення.

6. Не замінювати пошкоджені електричні запобіжники, електричні лампи і утримуватися від самостійного ремонту електричних споживачів та електромережі.

7. Наприкінці робочого дня вимикати вимикач на споживачах та від'єднувати шнур живлення від мережі.

Для забезпечення пожежної та вибухової безпеки важливо дотримуватися необхідного теплового режиму обладнання шляхом використання природної або механічної вентиляції, а також спеціальних радіаторів. Вживання заходів для забезпечення ефективності системи пожежогасіння є обов'язковим.

У випадку роботи з кислотами, лугами та іншими хімічно активними речовинами, шафи і столи повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до їх впливу, з бортами, виготовленими з негорючого матеріалу. Для забезпечення додаткової безпеки, приміщення лабораторії має бути оснащено загальною вентиляційною системою та місцевим відсмоктуванням через витяжні шафи.

Усі роботи в лабораторії, які можуть призвести до виділення отруйних або пожежонебезпечних парів і газів, повинні проводитися виключно в витяжних шафах, які повинні знаходитися у відмінному стані. Для зберігання легкозаймистих та горючих рідин рекомендується використовувати спеціальні негорючі шафи, які повинні бути позначені написом "Легкозаймисті", а на посудинах і колбах повинні бути наклеєні таблички із зазначенням назви

містяться речовини. Наявність легкозаймистих рідин на робочому місці допускається лише в обмежених кількостях. Перевезення скляного посуду з легкозаймистими рідинами, кислотами, лугами та іншими корозійними речовинами допускається тільки в спеціальних металевих або дерев'яних ящиках, які внутрішньо обкладені азбестом.

Суворо заборонено піддавати нагріванню посудини, що містять легкозаймисті рідини з низькою температурою кипіння, як відкритим вогнем, так і за допомогою електронагрівальних приладів. Процес нагрівання легкозаймистих речовин з низькою температурою кипіння, таких як ацетон, бензол, ефіри, спирти та інші, слід проводити виключно у круглодонних колбах із тугоплавкого скла, а цей процес повинен здійснюватися в ваннах, заповнених відповідним теплоносієм.

По завершенні роботи в лабораторії відповідальна особа за протипожежний стан приміщення повинна перевірити наступне:

- Справність пальників та інших пожежних приладів, забезпечивши їхнє вимкнення та гасіння.
- Вимкнення електронагрівальних приладів та перевірка, чи вони знаходяться у вимкненому стані.
- Перевірка, чи закриті кришки на пляшках та банках з реактивами та іншими рідинами.
- Вимкнення освітлення та вентиляції.
- Переконавання, що робота всіх приладів і апаратів припинена.
- Вилучення залишків легкозаймистих рідин [29].

4.5. Висновки до розділу

Отже, після аналізу основних небезпечних факторів, які можуть виникнути під час роботи в хімічній лабораторії, виявлено, що експериментальна діяльність може бути пов'язана з ризиком для здоров'я та працездатності працівників.

Зокрема, виникають проблеми через підвищений рівень шуму, збільшену температуру та вплив токсичних речовин.

У розділі про пожежну безпеку та заходи для зменшення негативного впливу шкідливих чинників наведено важливі заходи, які допоможуть забезпечити безпеку праці. Також визначено правила безпеки для еколога, який проводить дослідження впливу важких металів на ґрунти, уключаючи концентрацію та відбір проб.

Загальний висновок з даного аналізу вказує на важливість додержання заходів безпеки та впровадження попереджувальних методів для забезпечення охорони здоров'я та безпеки працівників у лабораторному середовищі.

ВИСНОВКИ

Забруднення навколишнього середовища в зоні великих аеропортів є актуальною проблемою сучасної цивільної авіації. Головним джерелом цього забруднення є вихлопні гази авіаційних двигунів, які містять різноманітні токсичні речовини. Інтенсивне забруднення приземного шару атмосфери відбувається через постійний рух літаків, які сходяться в аеропортах.

Поза вихлопними газами літаків, значний внесок у загальне забруднення повітря вносять викиди від автотранспорту, який обслуговує аеропорт, а також від інфраструктури, такої як енергетичні установки, котельні, цехи і інші промислові об'єкти. Надходження в атмосферу парів паливно-мастильних матеріалів і авіаційного палива також відіграє свою роль у формуванні забруднення.

Важкі метали порушують природний стан ґрунтів, забруднюються ґрунтові води і відкриті водойми. Відбувається інтенсивна трансформація морфологічних і фізіологічних властивостей ґрунту.

Виявлено також неоднозначний вплив забруднювачів на ферментативну активність ґрунтів. Залежно від виду забруднювача, типу ґрунту, природних умов, групи ґрунтових ферментів, тривалості забруднення ферментативна активність ґрунтів може як посилюватися, так і слабшати. Також порушують структуру ґрунтових мікроорганізмів.

Основними джерелами хімічного забруднення ґрунту в аеропортах є авіаційні технічні бази, літаки, наземна спецтехніка, авіаремонтні майстерні, засоби управління повітряним рухом, склади паливно-мастильних матеріалів, а також авіаційно-хімічні комбінати.

Ґрунти, поверхневі водойми та ґрунтові води забруднені промисловим стоком та стоком від дощів, танення снігу та зрошення із забруднених районів аеропорту. Поверхневий стік з аеропорту, в першу чергу зі злітно-посадкової смуги, руліжних доріжок і стоянок, забруднений важкими металами,

нафтопродуктами та певними хімічними реагентами, які утворюються при роботі двигуна.

Також з осідання твердих часток, скидів технічних стічних вод, використання рідин для миття літаків і обробки злітно-посадкової смуги.

Розуміння та вирішення цієї проблеми стає важливим завданням для забезпечення екологічної стійкості та безпеки в аеропортових регіонах.

Аналізуючи отримані результати можемо зробити висновок про перевищення значення ГДК зазначених важких металів у проаналізованих пробах ґрунту.

Можемо сказати, що сумарний показник забруднення $Z_c=21,15$ для відстані від аеропорту 2000 м, знаходиться в межах від 16 до 32, і означає, що забруднення є помірним. Усі інші показники сумарного забруднення ґрунтів важкими металами на даній території відповідають слабкому рівню забруднення. І за шкалою небезпечності ґрунтів за сумарним показником Z_c отримані дані означають, що такий рівень забруднення належить до помірно небезпечної для усіх відстаней від аеропорту (16-32) і може призводити до підвищення загального рівня захворювання населення на території, що прилягає до даного авіаційного підприємства.

Можемо зробити висновок, що потенційний індивідуальний екологічний ризик знаходиться в межах $E_i \leq 40$ для усіх визначених важких металів і відповідає низькому рівню потенційного індивідуального екологічного ризику для населення.

А загальний екологічний ризик для населення RI становить 40,82 і теж відповідає за низький рівень ризику для здоров'я населення.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Guidelines for drinking-water quality (fourth ed.), Incorporating the First Addendum. World Health Organization. 2017. Geneva. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950> (дата звернення: 21.04.2022).
2. Piet G. J., Knights A. M., Jongbloed R. H., Tamis J. E., de Vries P., Robinson L. A. Ecological risk assessments to guide decision-making: methodology matters. *Environ. Sci. Pol.* 2017. Vol. 68. P. 1–9.
3. Qin G., Liu J., Xu S., Sun Y. Pollution Source Apportionment and Water Quality Risk Evaluation of a Drinking Water Reservoir during Flood Seasons. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2021. № 18(4). P. 1873.
4. Wang Y., Pan F., Chang J., Wu R., Tibamba M., Lu X., Zhang X. Effect and Risk Assessment of Animal Manure Pollution on Huaihe River Basin, China. *Chinese Geographical Science.* 2021. № 31(4). P. 751–764.
5. World Resources Institute. Identify and evaluate water risks around the world. URL: <https://www.wri.org/aqueduct/> (дата звернення: 18.04.2022).
6. Zeleňáková M., Kubiak-Wojcicka K., Weiss R., Weiss E., Abd Elhamid H. F. Environmental risk assessment focused on water quality in the Laborec River watershed. *Ecology & Hydrobiology.* 2021. Vol. 21(4). P. 641–654.
7. Балачук В. Ю., Мокин В. Б., Ящолт А. Р. Оценивание экологических рисков природных экосистем, представленных информационной моделью с геометрической сетью. *Наукові праці ВНТУ.* 2013. № 1. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/374-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8-384-1-10-20151119.pdf> (дата звернення: 12.03.2022).
8. Берегова О., Кольчак Д. Вплив важких металів у воді на здоров'я людини. Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях

водопідготовки : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 14–15 листоп. 2019 р. Нац. ун-т харч. технологій. Київ, 2019. С. 37–39.

9. Камнєва О. І. Ефективна економіка. Теоритико-методологічні основи оцінки екологічного ризику на промисловому підприємстві / О. І. Камнєва. // ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь. – 2015. – №6.

10. Мокієнко А. В., Ковальчук Л. Й., Крісілов А. Д. Якість води поверхневих водойм як фактор ризику для здоров'я населення: математична модель. Вісник Національної академії наук України. 2017. № 10. С. 42–52.

11. Основи екології та екологічного права: Навчальний посібник/ Юрій Бойчук, Михайло Шульга, Дмитро Цалін, Валерій Дем'яненко,; За ред. Юрія Бойчука, Михайла Шульги,. — Суми: Університетська книга, 2004. — 351 с.

12. Старчак В. Г., Цибуля С. Д., Мачульський Г. М., Поліщук Т. М. Забруднення природного середовища важкими металами та формування екотоксикологічної ситуації й екологічної небезпеки. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біологія. 2011. Вип. 2 (47). С. 137–143.

13. Боярська З. И. Екологічні аспекти безпеки цивільної авіації в Україні. Юридичний вісник. 2012. Т. 24, № 3. С. 10–15. URL: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/17856/1/4.pdf> (дата звернення: 25.05.2023).

14. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 16 жовтня 1992 р. №2701-12 // Відомості Верховної Ради України. – 1992. - № 73.

15. Rogers, H. L., Lee, D. S., Raper, D. W., de Forster, P. M., Wilson, C. W. and Newton, P. J. (2002). The impacts of aviation on the atmosphere; QinetiQ report number QINETIQ/FST/CAT/TR021654.

16. R. Abeyratne, Convention on International Civil Aviation [a commentary] – Springer International Publishing Switzerland. – 2014 [Electronic resource]. – Access mode : <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/63085/1/Ruwantissa%20Abeyratne.pdf>

17. Закон України «Про транспорт» [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ВРУ. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр#Text>

18. Апостолюк С. О., Джигирей В. С. Промислова екологія: навч. посіб./ ред. С. О. Апостолюк // 2-ге вид., випр., і допов. К.: Знання, 2012. 430 с.

19. Г. В.Добровольський, Е. Д. Нікітін. Екологія ґрунтів. М.: Видавництво МДУ, 2012. 416 с.

20. Авіаційна екологія / С. В.Бойченко, М. М. Радомська, Л. М. Черняк, О. В. Рябчевський. – Київ: НАУ, 2014. – 152 с.

21. Järup L. Current status of cadmium as an environmental health problem / L. Järup, A. Akesson // Toxicol. Appl. Pharmacol. – 2009. – Vol. 238, №3. – P.201–208.

22. Cadmium-induced inflammatory responses in cells relevant for lung toxicity: Expression and release of cytokines in fibroblasts, epithelial cells and macrophages / M. Lag, D. Rodionov, J. Ovrevik [et al.] // Toxicol. Lett. –2010. – Vol. 193, №3. – P. 252–260.

23. Морфофункціональні зміни печінки і тонкої кишки під впливом хлориду кадмію / О. І. Дельцова, С. Б. Геращенко, М. І. Грищук [та ін.] // Світ медицини та біології. – 2005. – № 1.– С. 11–16.

24. Чечуй О. Ф. Вплив кадмію хлориду на метаболічні показники у крові та печінці щурів за умов їх токсичного отруєння / О. Ф. Чечуй, А. Д. Мілевський // Збір. наук. праць Харківського нац. пед. ун-ту ім. Г. С. Сковороди. Сер. Біологія та валеологія. – 2012. – Вип. 14. – С. 100-106.

25. Смоляр В. Т. Світнець в харчових продуктах і раціонах / В.І. Смоляр, Г.І. Петрашенко // Проблеми харчування. — 2007, № 4. — С. 42–51.

26. Апихтіна О.Л., Дмитруха Н.М., Коцюрuba А.В. та ін. Механізм гемо токсичної дії свинцю / О.Л. Апихтіна, Н.М. Дмитруха, А.В. Коцюрuba та ін. // Журнал НАМН України. — 2012. — Т. 18, № 1. — С. 100–109.

27. Андрієвська О.А. Еколого-геохімічні і санітарно-гігієнічні аспекти вивчення геохімії цинку/О.А. Андрієвська // Пошукова та екологічна геохімія. – 2004. – № 4. – С. 54–55.
28. Правила безпеки в нафтогазодобувній промисловості України. НПАОП 11.1- 1.01-08. Х.: Індустрія, 2008. 192 с.
29. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання : ДСН 3.3.6.042-99. Постанова № 42 від 01.12.99, м.Київ , 1999. 12 с. (Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень).
30. Гринчишин Н.М. Небезпека міграції нафти і нафтопродуктів у поверхневі шари ґрунту при аварійних виливах /Н.М.Гринчишин, О.Ф.Бабаджанова // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2016. № 13. 52-57 с.
31. Мельник Л. Г. Екологічна економіка / Л. Г. Мельник. — Суми : ВТД «Університетська книга», 2006.