

**НАЗВА СПЕЦІАЛЬНОСТІ: «ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА»**

**ШИФР: САМООЧИЩЕННЯ ГРУНТІВ**

**НАЗВА РОБОТИ: АКТИВНІСТЬ САМООЧИЩЕННЯ ГРУНТІВ  
ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ**

2020

## Зміст

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ ТА МЕТОДИ ЙОГО КОНТРОЛЮ .....	6
1.1 Основні техногенні забруднення, що впливають на рівень екологічної безпеки міського середовища .....	6
1.1.1 Характеристика ґрунтових екосистем, як об'єкта моніторингу .....	7
1.1.2 Інґредієнтне забруднення, що створюється міським транспортом .....	8
1.1.3 Техногенний вплив міського транспорту на природні екосистеми прилеглих територій .....	10
1.2 Оцінка екологічного стану ґрунтових екосистеми за біоіндикаційними показниками біохімічного та фізіологічного рівнів .....	10
1.2.1 Оцінка ферментативної активності ґрунтів, як оперативний та об'єктивний показник екологічного стану ґрунтових систем .....	11
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ .....	13
2.1 Об'єкт експериментальних досліджень .....	13
2.2 Методи дослідження .....	13
2.2.1 Методики дослідження процесів самоочищення ґрунтів, прилеглих до об'єктів автомобільної дороги, від нафтопродуктів .....	14
2.2.2 Відбір проб та пробо підготовка до аналізу .....	15
2.2.3 Методи аналізу ґрунтових зразків та водного середовища .....	16
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	19
3.1 Оцінка полютантного навантаження на атмосферу, гідросферу та ґрунтових покрив у м. Харкові, створювану автотранспортом .....	19
3.2 Кінетика накопичення нафтопродуктів і самоочищення від них ґрунтів, прилеглих до об'єктів автомобільної дороги .....	20

3.2.1 Динаміка накопичення нафтопродуктів у ґрунтовому середовищі, прилеглому до об'єктів автомобільної дороги .....	20
3.2.2 Динаміка самоочищення ґрунтового середовища придорожніх територій від ікро біоценоз в природно-польових умовах .....	22
3.2.3 Оцінка самоочищення ґрунтового середовища від нафтопродуктів в умовах лабораторного експерименту .....	23
ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	27

## ВСТУП

Сучасний розвиток суспільства призводить до сталої тенденції збільшення урбанізованих територій. Створення екологічно безпечних умов проживання для мешканців міст є однією з найважливіших функцій центральних та місцевих органів влади. Держава є чи не єдиним гарантом забезпечення природно-техногенної безпеки.

Аналіз сучасної екологічної ситуації в містах свідчить, що окрім промислового техногенного навантаження, населення міст підлягає надзвичайно високому техногенному тиску з боку транспортної інфраструктури. Транспортні засоби мають великий позитивний вплив на економіку країни, створюють зручність і комфорт для людей, але разом з тим, міська транспортна інфраструктура створює комплексний негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки об'єднує в собі, як інгредієнтну складову полютантного (шкідливі викиди в атмосферна повітря, важкі метали, нафтопродукти тощо) впливу так і параметричну (шумове забруднення, вібрації тощо).

Техногенне навантаження, що створюють автомобільні дороги впливає на всі природні середовища, але найбільш вагомим і довготривалим є вплив на ґрунтові екосистеми. Ґрунтовий покрив служить кінцевим приймачем більшості техногенних хімічних речовин, що потрапляють до біосфери. Маючи високу ємність поглинання, ґрунт є головним акумулятором, сорбентом і руйнівником токсикантів, представляючи собою геохімічний бар'єр на шляху міграції забруднюючих речовин. Активність самовідновлювання (самоочищення) ґрунтів є важливою характеристикою стійкості й пружності цих екосистем та рівня екологічної безпеки не тільки самих ґрунтів, але й усього міського середовища. Визначення кількісних показників самоочищення ґрунтів дозволить обґрунтовано нормувати техногенний вплив на них та обирати методи поліпшення цього процесу.

Мета роботи – визначення техногенного навантаження, яке спричиняє містка транспортна інфраструктура на навколишнє природне середовище, особливо на ґрунтові екосистеми, а також кількісна оцінка здатності ґрунтів до самоочищення від нафтопродуктів.

Для досягнення поставленої мети були розроблено наступні задачі:

1. визначити екологічну небезпеку, яку створюють об'єкти міських транспортних мереж для природного середовища;
2. дослідити динаміку накопичення нафтопродуктів в ґрунтовому середовищі, та виявити фактори, що впливають на процес;
3. оцінити здатність нафтовмісних ґрунтів до самоочищення в природному середовищі (в польових умовах);
4. дослідити в лабораторних умовах здатність ґрунтів до самоочищення від нафтопродуктів, використовуючи хімічні та біоіндикаційні методи контролю.

# РОЗДІЛ 1 ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ ПРИДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ ТА МЕТОДИ ЙОГО КОНТРОЛЮ (аналітичний огляд науково-технічної літератури)

## 1.1 Основні техногенні забруднення, що впливають на рівень екологічної безпеки міського середовища

Створення екологічно безпечних умов для мешканців міст є однією з найважливіших функцій центральних та місцевих органів влади. Держава є чи не єдиним гарантом забезпечення природно-техногенної безпеки, здатним підтримувати шляхом встановлення та контролю за дотриманням відповідних норм стандартів критеріїв та правил, вимог і розпоряджень, прийнятний рівень природно-техногенної безпеки життєдіяльності свого населення.

При аналізі екологічної ситуації міст експерти прийшли до висновку, що окрім промислового техногенного навантаження, населення міст відчують надзвичайно високий техногенний тиск з боку транспортної інфраструктури [1, 2].

Необхідність транспорту в наш час не викликає жодного сумніву. Транспортні засоби мають великий позитивний вплив на економіку країни, створюють зручність і комфорт для людей. Розвиток транспорту, підвищення його ролі у житті людей супроводжуються не тільки позитивним ефектом, а й негативними наслідками. Зокрема транспорт міст має комплексний вплив на навколишнє середовище, оскільки об'єднує в собі, як інгредієнту (викиди в атмосферне повітря важких металів, нафтопродуктів (НП) тощо) полютантного впливу так і параметричну (шумове забруднення, вібрації тощо) складову.

Мешканці міст, більш схильні до хвороб дихальної системи та обміну речовин. Ймовірно забруднене повітря перешкоджає нормальному перебігу обмінних процесів в організмі, і тому захворювання, які можуть виникнути в результаті, є досить різноманітними. І у вихлопних газах, і в розігрітому

асфальті, і в паливі, яке витікає, а потім випаровується, міститься маса речовин шкідливих для людських органів і систем [3].

#### 1.1.1 Характеристика ґрунтових екосистем, як об'єкта моніторингу

Ґрунт – багатофазна гетерогенна полідисперсна термодинамічна відкрита система, хімічні взаємодії у ній відбуваються за участю твердих фаз, ґрунтового розчину, ґрунтового повітря, коріння рослин, живих організмів [4]. Специфіка ґрунтів, як об'єкта моніторингу, визначається їхнім місцем і функціями у біосфері. Ґрунтовий покрив служить кінцевим приймачем більшості техногенних хімічних речовин, що потрапляють до біосфери. Маючи високу ємність поглинання, ґрунт є головним акумулятором, сорбентом і руйнівником токсикантів, представляючи собою геохімічний бар'єр на шляху міграції забруднюючих речовин. Ґрунтовий покрив охороняє суміжні середовища від техногенного впливу. Хімічні елементи та їхні сполуки, потрапляючи до ґрунту, зазнають ряд перетворень, розсіюються або накопичуються, у залежності від характеру геохімічних бар'єрів, властивих ґрунтам даної території [5].

Ґрунт є найбільш консервативним середовищем придорожного простору, в найменшій мірі схильним до різних флуктуацій, що дозволяє відстежити і усереднити (виключивши випадкові події) показники інгредієнтного забруднення за досить тривалий відрізок часу [26-28]. Техногенно перетворені ґрунти вздовж автотрас представлені хемо-техноґрунтами [5]. Більшість викидів токсичних речовин автомобілів зосереджуються на поверхні ґрунту, де відбувається їх поступове депонування, що веде до зміни хімічних і фізико-хімічних властивостей субстрату [5, 6].

Продукти техногенезу, в залежності від їхньої природи і тієї ландшафтної обстановки, до якої вони потрапляють, можуть або перероблятися природними процесами і не викликати істотних змін у природі (самоочищення), або зберігатися і накопичуватися, згубно

впливаючи на все живе. Однак можливості ґрунту як буферної системи не безмежні. Акумуляція токсикантів та продуктів їхнього перетворення у ґрунті призводить до зміни її хімічного, фізичного і біологічного стану, деградації і, в кінцевому підсумку, руйнування. Ці негативні зміни можуть супроводжуватися токсичним впливом ґрунтів на інші компоненти екосистеми – біоти (в першу чергу, видове різноманіття, продуктивність і стійкість фітоценозів), поверхневі і ґрунтові води, приґрунтовий шар атмосфери [7].

Акумуляююча здатність ґрунтів безпосередньо пов'язана з їхнім гранулометричним складом. Гранулометричний (механічний) склад ґрунту – масове співвідношення (відносний вміст у відсотках) у його складі твердих частинок (механічних елементів) різної крупності, що виділяються у межах безперервного ряду певних умовних груп крупності (гранулометричних фракцій).

Н. М. Сибірцевим [4, 8] були введені нині розповсюджені і досить часто застосовувані поняття фізична глина (сума часток дрібніше 0,01 мм) і фізичний пісок (сума часток більше 0,01 мм), які виділяються у межах фракції дрібнозема, під яким розуміється сума часток дрібніше за 1 мм. Частинки, що включають камені і гравій (розмір більше 1 мм), є скелетом, сума часток дрібніше за 0,001 мм відноситься до мулистій або ікро біоценозу фракції. Фракцію крупного пилу (0,05- 0,01 мм) іноді називають ікро біо, оскільки вона становить основну масу в лісах [8].

#### 1.1.2 Інґредієнтне забруднення, що створюється міським транспортом

Об'єктами інґредієнтного забруднення, створюваного експлуатацією міського транспорту, є атмосфера, гідросфера, літосфера і біота екосистем на прилеглих територіях. Найбільшою мірою хімічні забруднюючі речовини акумулюються у ґрунті і ґрунтовій біоті. Більше 20% газоподібних викидів від об'єктів автомобільної дороги (АД) осідає на поверхні ґрунтів, поблизу



дорожнього полотна, тим самим порушуючи фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту [9].

Близько 80-95% від загальної маси токсичних компонентів відпрацьованих газів автомобілів припадає на частку п'яти основних компонентів:  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_x$ , альдегідів  $\text{RCHO}$ , діоксиду сірки  $\text{SO}_2$  [10, 11]. Нормованими токсичними компонентами відпрацьовані гази дизелів, відповідно до сучасних нормативних документів, є  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_x$  і тверді частинки [10, 11]. Викид залежить від режиму роботи двигуна. Усі забруднення (газоподібні, тверді частинки), які утворюються на ОДІ у результаті міграції, надходять до ґрунтів, які є їх накопичувачами. Токсичні компоненти відпрацьованих газів і пари палива утворюють в атмосфері смог, який, насичуючись парами води, осідає у вигляді туманів або випадає з опадами (дощ, сніг), потрапляючи таким чином до ґрунту. Тверді частинки, продукти зносу шин і гальмівних накладок осідають на ґрунті, утворюючи шар сажі і пилу, який із часом розмивається опадами, і саме таким чином токсичні речовини поступово проникають до більш глибоких шарів ґрунту [10].

Як правило, оцінка якості середовища, у тому числі і ґрунтового, визначається за концентрацією у ньому певних забруднюючих речовин. Однак така оцінка якості середовища має ряд недоліків [12]:

- деякі забруднюючі речовини, перевищення рівня ГДК яких є небезпечним для здоров'я людини, до ґрунтів надходять із природних і антропогенних джерел, а оцінити необхідно лише частку антропогенної складової;

- на велику кількість забруднюючих речовин розроблено свій ГДК, однак цей показник, як правило, спрямований на оцінку негативного впливу на здоров'я людини, у той час як більшість компонентів біоти є набагато більш чутливими і швидше реагують на зміни навколишнього середовища [10, 12].

Тому для об'єктивної оцінки якості екологічного середовища доцільно використовувати не тільки хімічні, а й біологічні показники (біоіндикації). Найбільш чутливими і специфічними є біоіндикаційні показники біохімічного і фізіологічного рівня, які, до того ж, дозволяють виявити порушення на самому початковому етапі.

### 1.1.3 Техногенний вплив міського транспорту на природні екосистеми прилеглих територій

Високе техногенне навантаження автотранспорту на ґрунт придорожного простору створює забруднення важкими металами [9]. Однак, як свідчать дані [13], найбільші перевищення ГДК (ОДК) у ґрунтах створюють НП. Вони порушують екологічну рівновагу, змінюють морфологічні, фізико-хімічні та водно-фізичні характеристики ґрунтових горизонтів, порушують співвідношення між окремими фракціями органічної речовини і знижують продуктивність земель. НП, що надходять у придорожній простір у вигляді аерозолів, активно сорбуються ґрунтами, до того ж, активніше акумулюються нелеткі фракції вуглеводнів, більш небезпечні для ґрунтової макро- і мікрофлори, ніж летючі фракції [14]. Досить велика кількість робіт присвячена вивченню негативного впливу АД на екосистеми придорожного простору. Це пов'язано із тим, що площі ґрунтового покриття, зайняті АД з кожним роком збільшуються в наслідок розростання площі міських територій.

### 1.2 Оцінка екологічного стану ґрунтових екосистеми за біоіндикаційними показниками біохімічного та фізіологічного рівнів

В сучасних наукових дослідження біоіндикаційні методи набувають все більш широкого застосування, оскільки біоіндикатори мають здатність відображати ступінь небезпеки відповідного стану навколишнього середовища для усіх живих організмів, у тому числі і для людини.

Біоіндикація має певні переваги, але для отримання не тільки якісних, а й кількісних відомостей вона повинна об'єднуватися із даними хімічних і геофізичних досліджень [15]. Підкреслюючи всю важливість біоіндикаційних методів дослідження, необхідно відзначити, що біоіндикація передбачає виявлення вже існуючих забруднень навколишнього середовища або тих, що відбуваються на цей час, за функціональними характеристиками особин і екологічними характеристиками спільнот організмів.

При біомоніторингу ґрунтів необхідно спиратися на певні показники, які базуватимуться на наступних критеріях: інформативність показника (тісна кореляція між показником і антропогенним фактором); висока чутливість показника; добра відтворюваність результатів; незначне варіювання показника; невелика помилка досліду; простота, мала трудомісткість і висока швидкість методу визначення; висока поширеність методу в країні і за кордоном, відповідність прийнятим стандартам [15].

1.2.1 Оцінка ферментативної активності ґрунтів, як оперативний та об'єктивний показник екологічного стану ґрунтових систем

Ферментативна активність ґрунту є багатофакторним показником, який складається у результаті сукупності процесів надходження, іммобілізації та дії ферментів у ґрунті. Джерелами надходження та накопиченні ферментів у ґрунтах служить ґрунтова біота: рослини, мікроорганізми, тварини, гриби, водорості тощо. Накопичуючись у ґрунті, ферменти стають невід'ємним реактивним компонентом цієї екосистеми [16].

У ґрунтовій біодинаміці серед усіх ферментів найбільше значення мають оксидоредуктази та гідролази. Серед оксидоредуктаз у ґрунті ікро біоценоз є каталази, дегідрогенази, фенолоксидази та пероксидази, вони беруть участь в окисно-відновлюючих процесах синтезу гумусових компонентів. Серед гідролаз найбільш широко розповсюдженими є інвертаза, уреаза, протеаза, фосфатаза. Ці ферменти беруть участь у реакціях гідролітичного розпаду високомолекулярних органічних сполук і тим самим

відіграють важливу роль у збагаченні ґрунту рухливими і доступними рослинам і мікроорганізмам поживними речовинами [16].

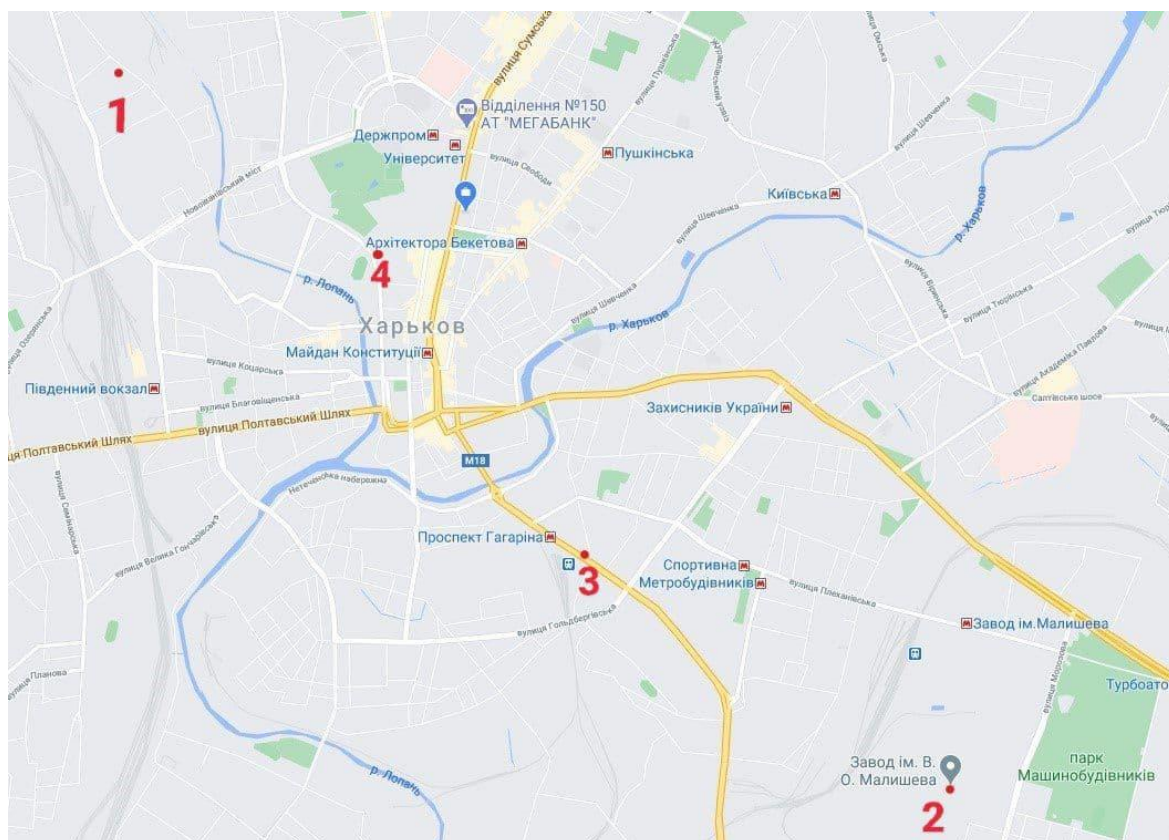
Дослідженнями різних авторів зафіксовано наступний ряд біологічних властивостей ґрунтових ферментів за ступенем їхньої стійкості до техногенного впливу: активність каталази > активність інвертази > активність уреаз = активність фосфатази > швидкість розкладання сечовини > целюлозолітична здатність, інтенсивність накопичення вільних амінокислот фітотоксичність > чисельність мікроскопічних грибів, чисельність актиноміцетів, чисельність бактерій, чисельність спороутворюючих бактерій [16].

Незважаючи на те, що мікробіологічні показники першими реагують на антропогенний вплив, їхня реакція гірше корелює (або зовсім не корелює) зі ступенем цього впливу, ніж реакція біохімічних показників [17]. Тому при проведенні моніторингу та діагностуванні стану ґрунтів, у першу чергу, слід визначати біохімічні показники, як більш чутливі та менш ікро бі, менш трудомісткі і не дорогі, у порівнянні з мікробіологічними показниками.

## РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ

### 2.1 Об'єкт експериментальних досліджень

Об'єктом експериментальних досліджень слугували: ґрунти придорожного простору, поверхневі стічні води зимового і літнього сезонів, що безпосередньо знаходяться на об'єктах АД та на прилеглих до них територіях (рис. 2.1).



1 – вул. Кацарська (Харківська кондитерська фабрика), 2 – Завод ім. Малишева, пр. Московський, 3 – автостанція вул. Гагаріна, 4 – вул. Клочківська

Рисунок 2.1 – Розташування точок відбору проб у м. Харків

### 2.2 Методи дослідження

Екологічні наслідки техногенного навантаження на навколишнє середовище, створювані об'єктами АД м. Харків та Харківської області,

оцінили при комплексному дослідженні придорожнього простору досліджуваних АД у натурних і лабораторних умовах із застосуванням лабораторного обладнання.

2.2.1 Методики дослідження процесів самоочищення ґрунтів, прилеглих до об'єктів автомобільної дороги, від нафтопродуктів

Методика постановки польового експерименту оцінки здатності ґрунтів до самоочищення від нафтопродуктів

Для проведення експерименту використовували методику вилучення ділянки ґрунтового покриву із наступним переміщенням його до екологічно чистої зони з ідентичними кліматичними умовами. За допомогою лопатки відбирали зразків ґрунтів (масою 5-7 кг) на досліджуваних ділянках АД (рис. 2.1: 1, 3, 6) без порушення природної цілісності ґрунтового покриву. Кожен ґрунтовий зразок був перенесений до екологічно чистої зони з ідентичними температурними, осадковими та ін. кліматичними умовами. Тривалість експерименту складала 210 діб. Через певні проміжки часу проводили паралельний відбір ґрунтових проб на досліджуваних ділянках АД, які перебувають під техногенним навантаженням і в екологічно чистій зоні та проводили їх аналіз.

Методика постановки лабораторного експерименту оцінки здатності ґрунтів до самоочищення від НП

За допомогою спеціальної установки було отримано стійкі суміші води та НП із концентраціями 150 мг/л, 300 мг/л, 600 мг/л та 1200 мг/л. Для експерименту використовували чистий ґрунт для кімнатних рослин, який розсипали у спеціальні ящики по 1 кг ґрунту на варіант. В ґрунти дослідних варіантів вносили суміш води та НП у відповідності з маркуванням, таким чином аби початкова концентрація НП в ґрунті відповідала: варіант №1 – 150 мг/кг, варіант №2 – 300 мг/кг, варіант №3 – 600 мг/кг та варіант №4 – 1200 мг/кг. Протягом всього експерименту ґрунт зволожували, не допускаючи

повного пересихання ґрунту, або його надмірного зволоження. Кожні 30 діб відбирались ґрунтові зразки, які досліджували на залишковий вміст НП та КА. Експеримент тривав 120 діб. Контролем слугував чистий ґрунт, в якому вимірювали початкову каталазну активність (КА).

### 2.2.2 Відбір проб та пробо-підготовка до аналізу

#### Відбір проб та пробо-підготовка ґрунтових зразків до аналізу

Поверхневий шар ґрунтів (0-4 см) на досліджуваній території відбирали класичним і модифікованим методом конверта. Усі ґрунтові зразки відбирали на однаковій глибині (4-5 см). У кожній досліджуваній точці відбирали близько 600-800 г ґрунту, об'єднану пробу готували із точкових проб, відповідно до методики, рекомендованої нормативними документами [8].

Ґрунт висушували на відкритому повітрі до повітряно-сухого стану, видаляли залишки рослин, подрібнювали вручну в ступці товкачиком. Розтертий ґрунт просіювали через сито з отворами діаметром 0,25 мм. Просіяний ґрунт розподіляли по рівній поверхні шаром товщиною не більше 1 см. Із подрібненої і просіяної проби методом квартування відбирали аналітичні проби масою 20 г [8]. Відібрану лабораторну пробу ґрунту зберігали у пакетиках із паперу.

#### Відбір проб та пробо-підготовка поверхневих стічних вод літнього сезону до аналізу

Проби поверхневих стічних вод з АД отримували методом змиву. Його виконували ватним тампоном до певного обсягу дистильованої води (500 мл) з певної площі дорожнього покриття, обмеженого дерев'яною палеткою (~1500 мл). Виходячи з площі змиву і обсягу води, якою проводили змив, за формулами розрахунків характеристик поверхневого стоку, розроблених різними нормативними документами [18], можна перерахувати отримані

гідрохімічні показники змивів на характеристики, адекватні тим, які отримують при аналізі реального дощового змиву із дороги.

Сильна злива дає шар води понад 40 мм, а невеликий дощ – 1-2 мм. У Харкові рівень опадів за теплий сезон року становить близько 300 мм, а кількість сильних злив – 5-8. Таким чином, середній рівень опадів під час інтенсивного дощу становить близько 46 мм. У наших дослідженнях рівень води (h), створюваний зливом, становив:

$$h = \frac{500 \cdot 10}{1500} \approx 3,3 (\text{мм}) \quad (2.1)$$

Згідно із нормативними документами, при відсутності даних багаторічних спостережень величину  $h_a$  промислових підприємств першої групи (основними домішками у поверхневих стічних водах із територій підприємств першої групи є ікро біоценозу домішки, НП, мінеральні солі й органічні домішки природного походження) допускається приймати у межах 5-10 мм, як такі, що забезпечують приймання для очистки не менше 70% річного обсягу поверхневого стоку для більшості територій України.

Таким чином, досліджувані стоки з АД, одержувані методом змивів, були приблизно у 2-2,5 рази концентрованішими, ніж реальні, що утворюються у перші 10 хв дощу [18]. Період без дощів перед відбором проб становив не менше 10 днів.

### 2.2.3 Методи аналізу ґрунтових зразків та водного середовища

Визначення вмісту НП у ґрунті гравіметричним методом [19].

Метод ґрунтується на екстракції органічних речовин із проби ґрунту гексаном, випаровуванні і видаленні розчинника і гравіметричного вимірювання маси залишку [19]. Пробу ґрунту масою 20 г розміщували у конічній колбі об'ємом 250 мл із притертою пробкою, додавали 50 мл гексану, закривали скляною пробкою і струшували (за допомогою спеціального апарату) протягом 15 хв. Екстрагування проводили ще 2 рази з



30 мл гексану, збираючи екстракт до конічної колби. Потім екстракт випарювали на водяній бані до об'єму близько 20 мл, кількісно переносили сконцентрований екстракт до стакану місткістю 50 мл і розміщували у витяжній шафі до видалення розчинника. Залишок після видалення гексану переносили до колби місткістю 25 мл, концентрували і розміщували у порцеляновій чашці, яку попередньо доводили до постійної ваги. Вміст НП у взятому для аналізу обсязі проби визначали як різницю між масою чашки із залишком після видалення розчинника і масою порожньої чашки [19]. Концентрацію НП в дослідженій пробі ґрунту ( $C_{НП}$ , мг/кг) визначали за формулою:

$$C_{НП} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 1000}{M_{пр}}, \quad (2.1)$$

де  $m_1$  – маса фарфорової чашки, яку використовували при аналізі, мг;  $m_2$  – маса фарфорової чашки із екстрагованими НП, мг;  $M_{пр}$  – маса проби ґрунту, г; 1000 – перерахунковий коефіцієнт, мг/кг.

Визначення вмісту НП у водному середовищі гравіметричним методом

В основі методу визначення сумарного вмісту НП у досліджуваних зразках є екстрагування із наступним визначенням концентрації НП гравіметричним методом. Використання гексану може бути застосоване для визначення забруднень легкими фракціями НП (бензини, гас, дизельне паливо). Хлороформ, на відміну від гексану, екстрагує із досліджуваних зразків не тільки вуглеводневі компоненти (фракції умовно легких НП), але й високомолекулярні вуглеводні (фракція умовно важких НП). Таким чином, отримуючи витяжки НП 2-ма способами: послідовною екстракцією хлороформом, а потім гексаном і окремо гексаном, можливо поділити НП на фракції умовно легких та умовно важких НП [19]. Концентрацію НП у водному середовищі розраховували за формулою 2.2.

$$C_{НП} = \frac{(m_2 - m_1)}{V_{пр}} \quad (2.2)$$

де  $m_1$  – маса фарфорової чашки, яку використовували при аналізі, мг;  $m_2$  – маса фарфорової чашки із екстрагованими НП, мг;  $V_{пр}$  – обсяг проби, л.

Біоіндикація ґрунтів, прилеглих до об'єктів автомобільної дороги.

Визначення активності каталази у досліджуваних ґрунтах

Метод визначення каталазної активності ґрунту заснований на вимірюванні швидкості розпаду перекису водню при взаємодії її з ґрунтом за кількістю нерозкладеного перекису. Каталазну активність визначають перманганатометричним титруванням з утворенням забарвлених комплексів [20]. У конічну колбу ємністю 125 мл розміщували пробу ґрунту вагою 2 г, доливали дистильовану воду та 0,3%-ий розчин перекису водню. Колбу встановлювали на ротатор і збовтували протягом 20 хв. Нерозщеплену частину перекису стабілізували додаванням 3 н сірчаної кислоти, а вміст колб фільтрували через фільтр «блакитна стрічка». Потім 25 мл фільтрату титрували 0,1 Н марганцевокислим калієм до слабо-рожевого забарвлення. Каталазну активність розраховували за формулою 2.3

$$KA = \frac{(V_1 - V_2) \cdot n \cdot 60}{m \cdot t} \quad (2.3)$$

де  $V_1$  – об'єм перманганату, витраченого на титрування вихідного перекису, мл;  $V_2$  – об'єм перманганату, витраченого на титрування ґрунтового фільтрату, мл;  $N$  – поправки до титру перманганату;  $m$  – маса ґрунту, яку відбирали на дослідження, г;  $t$  – час експонування, ік.

Каталазну активність виражали у мл 0,1 н  $KMnO_4$  / г сухого ґрунту за 1 год.

## РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Оцінка поллютантного навантаження на атмосферу, гідросферу та ґрунтових покрив у м. Харкові, створювану автотранспортом

Ґрунти, урбанізованих територій великих міст, виступають одною з небезпечних ланок циркуляції токсичних речовин. Зокрема, одними з найнебезпечніших поллютантів, що трансформуються в ґрунтах є НП, які надходять до прилеглих екосистем з території міських АД.

Результати аналітичного та хімічного аналізу суміжних екосистем, що прилягають до автошляхів м. Харків представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Данні аналітичного та хімічного аналізу суміжних екосистем, що прилягають до автошляхів м. Харків

Точки відбору проб	Інтенсивність руху автомобільного транспорту, авт/доб	Концентрація СО у повітрі, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст НП у ґрунті, мг/кг	Вміст НП у водному середовищі, мг/дм <sup>3</sup>
1	1744	24,6	--	115*
2	32392	51,4	1100	128*
3	20160	41,0	1562	27**
4	35271	57,2	2500	30**
Контроль	0	0	50	8,5**

\* - поверхневий стік відібраний з дорожнього полотна, \*\* - сніговий покрив відібраний на відстані  $\leq 15$  м від крайової лінії АД.

З даних ікро. 3.1 видно, що інтенсивність руху автомобільного транспорту корелює з концентрацією СО у атмосферному повітрі. Причому на усіх досліджуваних ділянка концентрація СО перевищувала ГДК (5 мг/л) у

4,9-11,4 раз. Вміст НП у зразках ґрунту практично не корелював з інтенсивністю руху автомобільного транспорту (мабуть через більш значущий вплив інших чинників), проте в усіх зразках перевищував ОДК (200 мг/кг): в точках 2-3 – в 5,5-7,8 раз, а точці №4 – в 12,5 раз. Вміст НП у 4-му зразку був зависоким через те, що місце відбору проби мало подвійне техногенне навантаження: АД й АЗС. Аналізуючи вміст НП у водному середовищі можна відзначити, що основна маса НП надходить до ґрунтових екосистем водним шляхом із змивами з АД (точки №1, 2).

Про перенесення НП, від об'єктів АД, повітряним шляхом свідчать результати дослідження снігового покриву в точці №4, оскільки сніг є ефективним сорбентом та накопичувачем забруднюючих речовин за атмосферного повітря. Вміст НП на територіях, прилеглих до досліджуваних об'єктів в точках №3, 4, перевищував вміст НП у сніговому покриві контрольної ділянки (8,5 мг/л) у 3,5 рази. Але загалом концентрація НП у сніговому покриві, а тим більш в змивах з автодоріг, в тисячі разів перевищували ГДС за концентрацію НП (0,05 мг/л).

Отже, транспортна інфраструктура в м. Харків створює надзвичайно потужний поллютантний тиск на всі природні середовища (педосферу, атмосферу та гідросферу).

3.2 Кінетика накопичення нафтопродуктів і самоочищення від них ґрунтів, прилеглих до об'єктів автомобільної дороги

3.2.1 Динаміка накопичення нафтопродуктів у ґрунтовому середовищі, прилеглому до об'єктів автомобільної дороги

Вміст НП у ґрунтових екосистемах, що знаходиться під техногенним навантаженням від об'єктів АД, являє собою результуючий підсумок 2-х протилежних процесів: надходження НП і самоочищення ґрунтів від них. Динаміка накопичення НП у ґрунті придорожнього простору різних об'єктів АД представлена на рис. 3.1. Як видно, в цілому за весь період експозиції,

грунт, що знаходиться під техногенним навантаженням АД, накопичує НП. Це вказує на те, що інтенсивність надходження НП перевищувала активність самоочищення ґрунту від цього забруднення.

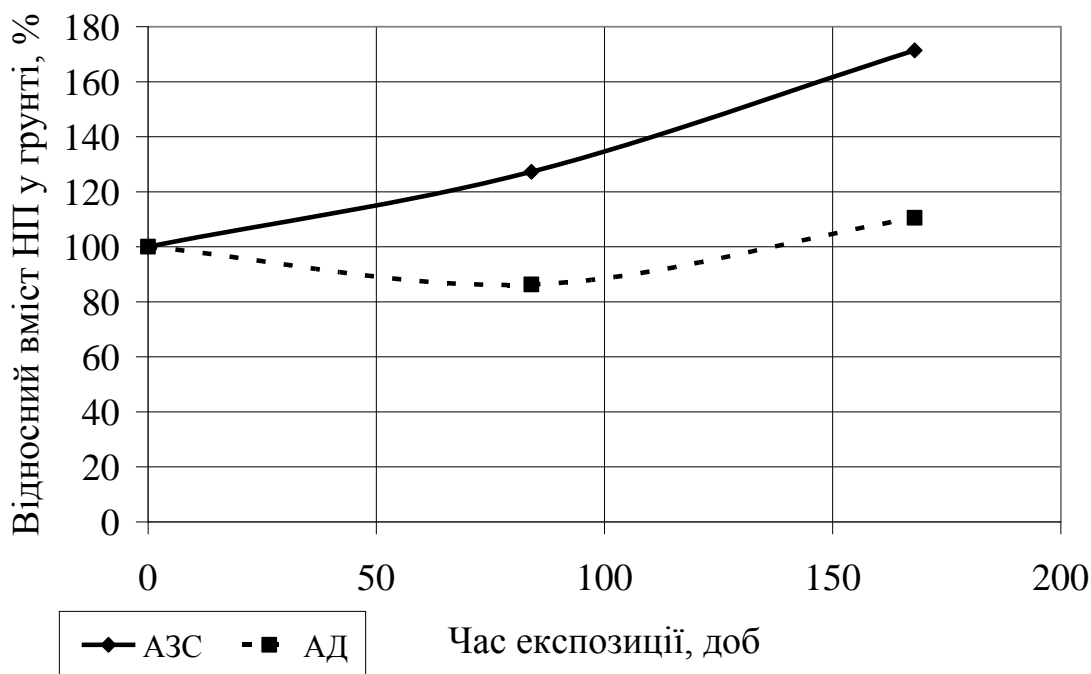


Рисунок 3.1 – Динаміка накопичення НП у ґрунті придорожного простору об'єктів АД

Встановлено (рис. 3.1), що у весняний період експерименту (0-50 доба експозиції) інтенсивність надходження НП до ґрунту на територіях, прилеглих до АЗС та автодороги, і швидкість самоочищення від них практично компенсували одна одну, оскільки відхилення від початого вмісту не перевищувало 20%.

По закінченні весняного сезону (~ 50 діб) накопичення НП у ґрунті на територіях, прилеглих до АЗС, стало збільшувалось, і на 84 добу експозиції концентрація НП на 27% перевищувала вихідні значення, що свідчить про переважання процесів надходження НП до ґрунту над процесами його самоочищення.

Відмінності у динаміці надходження НП, що забруднюють ґрунти, прилеглі до АД, можна пояснити відмінностями в інтенсивності і режимі руху, складі транспортного потоку, типах ґрунтів (АЗС – суглинок легкий, а вздовж дороги – пісок зв'язний) тощо.

### 3.2.2 Динаміка самоочищення ґрунтового середовища придорожніх територій від ікро біоценоз в природно-польових умовах

Ряд авторів [21] відмічають, що на швидкість самоочищення ґрунту впливають певні фактори, зокрема: вологість, температура, здатність певних вуглеводнів ікро біоцен із ґрунтового середовища до повітряного простору, дифундування деякої кількості вуглеводнів до більш глибоких шарів ґрунту (основні фактор, що впливають на цей процес – атмосферні опади та тип ґрунту), трансформація або розкладання частини НП за участю мікроорганізмів і під дією ферментативної активності ґрунту, тощо.

На рис. 3.2 показана динаміка самоочищення ґрунтів, прилеглих до різних об'єктів АД, зразки яких були переміщені із зони техногенного впливу до чистої зони з ідентичними кліматичними умовами. Вихідна концентрація НП в цих зразках становила  $\sim 200$  мг/кг. Як видно, протягом весняного сезону (до 84 доби) інтенсивність зниження вмісту НП у ґрунті, що був перенесений із зони впливу АЗС, була високою – 63% (до 14,3 мг/кг доба). Інтенсивність зниження вмісту НП у ґрунті, що був перенесений із зони впливу АД, на цьому етапі експерименту складала всього 17% (3,3 мг/кг доба) (рис. 3.2). Проте у літній сезон експерименту (85-168 доба) вміст НП у ґрунті, перенесеному з зони впливу АД, знижувався майже в 2 рази активніше, ніж у зразку з зони впливу АЗС. На 168 добу залишкова концентрація НП в обох варіантах дослідів була практично однаковою.

Осінній сезон (169-210 доба) характеризувався різким зниженням температури і тривалим бездощовим періодом (79 діб). У цей період експерименту концентрація НП практично не змінювалася, що можна пояснити як зниженням у даних умовах середовища біохімічної активності

грунтів, так і досяганням практично фонових концентрацій НП у ґрунті 98-154 мг/кг. В контрольному варіанті (200 м від об'єкту АД) концентрація НП в ґрунті – 50 мг/кг.

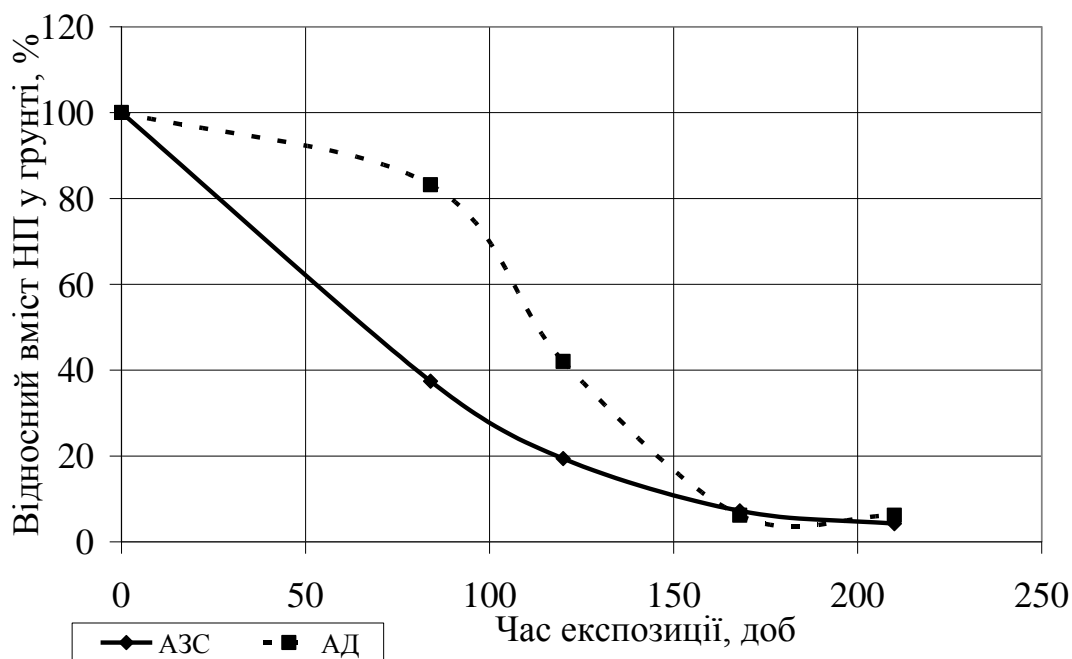


Рисунок 3.2 – Динаміка самоочищення ґрунтів, прилеглих до міських об'єктів АД

### 3.2.3 Оцінка самоочищення ґрунтового середовища від нафтопродуктів в умовах лабораторного експерименту

Важко об'єктивно оцінити фізіологічний стан ґрунтового середовища спираючись лише на хімічні показники (динаміка вмісту НП), та не беручи до уваги біологічні та фізіологічні показники (мікробіологічна, ферментативна активність тощо). Разом з тим при постановці експерименту в польових умовах існує досить багато факторів, які дослідникові важко, або навіть не можливо контролювати (повний хімічний склад поллютантного навантаження, склад ґрунтів, кліматичні умови тощо). Саме тому постала необхідність у постановці лабораторного експерименту в якому будуть контролюватись не лише хімічний показник поллютантного забруднення (вміст НП), але й показник фізіологічного стану ґрунтових екосистем (каталазна активність ґрунту).

Результати експериментальних досліджень здатності ґрунтових екосистем до самоочищення від НП представлені на рис. 3.3. Як видно, в усіх варіантах дослідження концентрація НП в процесі експозиції зменшувалась. Причому за швидкістю видалення НП в цьому процесі чітко проявляються 2 фази. До 30-60 доби – період високої швидкості видалення (1 варіант дослідження – 2,5-5,0 мг/кг·доба), або поступових змін (2 – 4 варіанти дослідження – 1,7-1,9 мг/кг·доба), навпаки, з 60 по 120 добу в 1 варіанті – суттєве зменшення швидкості (0,8 мг/кг·доба), а в 2-4 варіантах – суттєве підвищення (4,6-18,3 мг/кг·доба). Швидкість видалення НП в 4 варіанті, найближчому до польового експерименту (рис. 3.2) за вихідною концентрацією НП в ґрунті, близька до цього показника в польовому експерименті.

В усіх варіантах дослідження протягом перших 60 діб спостерігався стійкий ріст КА у порівнянні з контрольним зразком (3,15 мл КмпО<sub>4</sub> /г·год). Найбільший ріст КА спостерігався у варіанті з найменшою вихідною концентрацією НП (150 мг/кг) – 71%. У варіантах 2-4 КА зросла загалом на 40% у порівнянні з контролем на фоні стійко зниженої концентрації НП.

Починаючи з 60 доби експерименту у всіх варіантах КА виходила на певний стабільний рівень у вигляді плато (на тлі суттєвого збільшення швидкості видалення НП в трьох варіантах дослідження), але цей стабілізуючий рівень був значно вищим за вихідні значення КА (контроль). На 120 добу експозиції у варіантах 1, 2 та 4 КА стабілізувалась на рівні 4,35 мл КмпО<sub>4</sub> /г·год, що на 38% вище за контроль. У варіанті 3 цей показник на 120 добу зріс до 4, мл КмпО<sub>4</sub> /г·год.

Виходячи з попередніх досліджень та спираючись на інших авторів, можна стверджувати, що дійсно каталаза є стресовим ферментом, і на підвищення вмісту НП у ґрунті реагує підвищенням своєї активності, яка стабілізується в період високої активності деструкції НП. Найбільш активно каталаза реагувала у варіанті з найнижчою початковою концентрацією, але стабілізація цього показника відбулась практично на однаковому рівні в усіх варіантах дослідження.



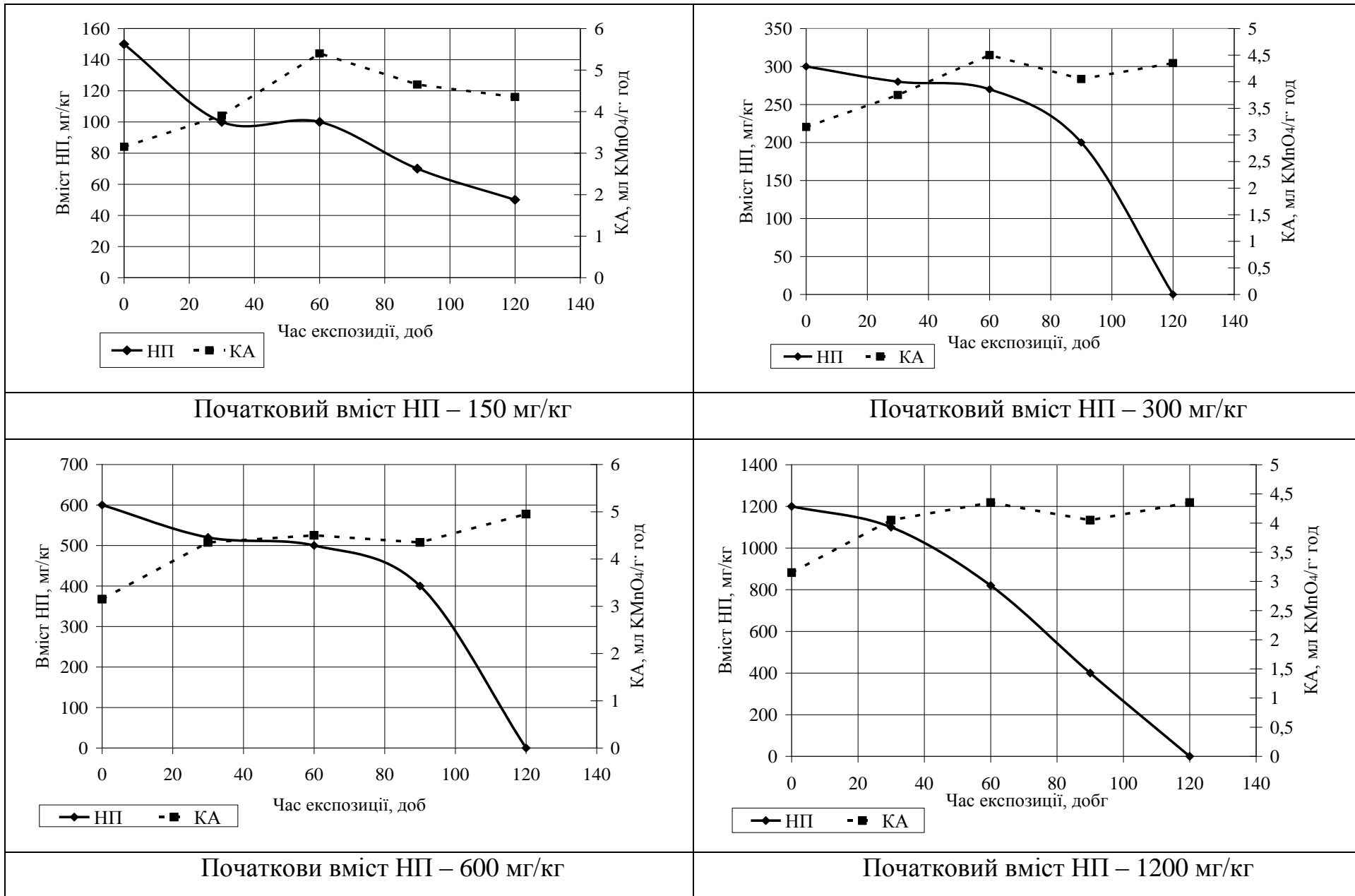


Рисунок 3.3 – Динаміка КА та вмісту НП при лабораторному дослідженні самоочищуючої здатності ґрунтів

## ВИСНОВКИ

1. Міська транспортна інфраструктура створює надзвичайно потужний поллютантний тиск на всі природні середовища (педосферу, атмосферу та гідросферу). Установлено, що вміст НП у зразках ґрунтів, безпосередньо прилеглих до території досліджених міських доріг, перевищував ОДК (200 мг/кг) у 5,5-12,5 разів, концентрація СО на придорожній території перевищує ГДК у 4,9-11,4 раз, а вміст НП у поверхневих стічних водах у тисячі разів перевищує ГДС.

2. На накопичення НП у ґрунтовому середовищі придорожного простору впливає ряд чинників: характеристики техногенного об'єкта, тип ґрунту та кліматичні фактори.

3. Дослідження в польових експериментах придорожніх ґрунтів, ізольованих від впливу об'єктів АД, протягом весняно-осіннього сезонів показали швидкості їх самоочищення від 3,3 до 14,3 мг/кг добу, у результаті чого вміст НП наближався до фонового рівня.

4. В лабораторних експериментах в процесі самоочищення ґрунтів від НП за швидкістю їх видалення спостерігалось 2 фази: високої швидкості видалення та поступових змін. Максимальні швидкості самоочищення становили від 5,0 до 18,3 мг/кг добу залежно від початкової концентрації НП.

5. В лабораторних експериментах біоіндикаційний показник – КА, зростав на 40-71% в перші 60 діб експозиції на тлі загалом поступового зменшення концентрації НП. Надалі КА дещо знижувалась та виходила на відносно стабільний рівень (на тлі загалом суттєвого підвищення швидкості самоочищення від НП), що свідчило про певну адаптацію ґрунтового ікробіоценозу.

6. Одержані кінетичні та фізіологічні характеристики дозволяють прогнозувати рівень забруднення придорожніх ґрунтів НП та перспективи їх самоочищення від цього забруднення на територіях, що знаходяться під техногенним навантаженням автодоріг.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Фоменко Г.Р. Транспортна інфраструктура і проблеми міст. Проблеми розвитку міського середовища: збірник наукових праць Вип. 2 (16). Київ: Національний авіаційний університет, 2016.

2 Багдаев, А. А. Экономическая безопасность государства: проблемы и направления обеспечения [Текст] : монография / [А. А. Багдаев и др. ], под общ. ред. А. П. Камышникова. – М.: Изд-во МГОУ, 2009. – 408 с

3 Шиба О.А. Вплив розвитку транспортної інфраструктури на економічне зростання країн-членів Європейського Союзу : автореф. дис. ... канд. екон. наук: спец. 08.00.02; наук. керівник Л.А. Українець; ЛНУ імені Івана Франка. Львів, 2017. 20 с.

4 Ковды В. А. Почвоведение в 2 частях / В. А. Ковды, Б. Г. Розанова, Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. — М.: Высш. шк., 1988. — 400 с.

5 Загрязнение почвенного покрова придорожных территорий: труды IV Международной научно-практической конференции [«Автотранспорт: от экологической политики до повседневной практики»], (Санкт-Петербург, 20-21 марта 2008 г.). – Санкт-Петербург: МАНЭБ. - 2008. – С.48-55.

6 Коровина Е.В. Вклад автотранспорта в трансформацию почвенного покрова придорожных зон / Е.В. Коровина, Г.А. Сатаров // Научный журнал «Современные наукоемкие технологии». Ульяновский государственный университет, Россия. Российская Академия Естествознания. №3. - 2009. - С. 17-19.

7 Коровина Е.В. Вклад автотранспорта в трансформацию почвенного покрова придорожных зон / Е.В. Коровина, Г.А. Сатаров // Научный журнал «Современные наукоемкие технологии». Ульяновский государственный университет, Россия. Российская Академия Естествознания. №3. - 2009. - С. 17-19.

8 Агроэкология / [Черников В. А., Алексахин Р. М., Голубев А. В. и др.]. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

9 Рябова О.В. Техногенное воздействие дорожно-транспортного комплекса на экосистемы придорожной полосы: диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук: 03.00.16 / Рябова Ольга Викторовна. – ВГАУ: 2006. - 459 с.

10 Каніло П.М. Автомобіль та навколишнє середовище / Каніло П.М., Бей І.С., Ровенський О.І. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.

11 Чижиков Ю. В. Экологические проблемы автомобильного транспорта / Ю. В. Чижиков // Безопасность жизнедеятельности. - 2006. - № 1 - С. 2-24.

12 Родзевич Н. Н. Геоэкология и природопользование / Родзевич Н. Н. – М.: Дрофа, 2003. – 255 с.

13 Шамраев А.В. Влияние нефти и нефтепродуктов различные компоненты окружающей среды / А.В. Шамраев, Т.С. Шорина // ГОУ ВПО. Вестник ОГУ. - 2009. - №6(100). - С. 642-645.

14 Экспериментальные исследования трансформации нефти в почвах / [Ю.И. Пиковский, И.Г. Калачникова, А.И. Оглоблина и др] // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: Тр. III Всесоюз. совещ., Обнинск, сент. 1981 г. – Л. - 1985. – С. 191-195.

15 Юрченко В.А. Биоиндикация / Юрченко В.А. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 137 с.

16 Звягинцев Д. Г. Биология почв: [Учебник] / Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.

17 Киреева Н.А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв / Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. – Уфа Гилем, 2001. – 314 с.

18 Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор) / [И.И. Леоненко, В.П. Антонович, А.М. Андрианов и др.] // Методы и объекты химического анализа. – 2010. - Т.5, №2. - С.58-72.

19 Количественный химический анализ. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв и донных отложений на анализаторе нефтепродуктов АН-2: ФР 1.31.2011.11314. - АИП 2.840.056.2. ООО «НЕФТЕХИМАВТОМАТИКА» - СПб. - 2011. - 28 с.

20 Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. – Ростов на Д.: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.

21 Мельникова О.Г. «Самоочищение» почв, прилегающих к загородным объектам дорожной инфраструктуры, от нефтепродуктов 28 Мельникова О.Г., Юрченко В.А. // Науковий вісник будівництва. Х.: ХНУСА. – 2016. – № №2(84). – С. 363-366.