

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

« ____ » _____ 20__ р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: «Екологічні наслідки впливу виробничої діяльності

Нижньодніпровського трубопрокатного заводу Інтерпайп в м. Дніпро»

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи Е-1-20 спеціальності 101 «Екологія»

_____ Орлова А. С.

Керівник _____ к.с.-г.н. доцент Зленко І. Б.

Рецензент _____ ст.н.с., к.с.-г.н. Десятник Л. М.

Дніпро-2024

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

здобувачу вищої освіти

Орловій Анастасії Сергіївні

1. Тема проекту (роботи) Екологічні наслідки впливу виробничої діяльності Нижньодніпровського трубопрокатного заводу Інтерпайп в м. Дніпро

керівник роботи: доц. к. с-г. н. Зленко Ірина Борисівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» квітня 2024 р. № 868.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «__» _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Зразки ґрунту зібрані у міських екосистемах»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ; 1 Огляд літератури; 2 Матеріали та методи досліджень; 3 Результати досліджень; 4

Охорона праці; Висновок; Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 9

Таблиць – 4

Використаної літератури – 49

Розділів – 4

Сторінок –83

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Зленко І. Б.		

Дата видачі завдання: «___» _____ 20___ р.

Керівник проекту (роботи) Зленко Ірина Борисівна / _____
(ПІБ). / (підпис)

Завдання прийняв до виконання: Орлова Анастасія Сергіївна / _____
(ПІБ). / (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

- № пп	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	09.04.24-15.04.24	виконано
2	Матеріали та методи досліджень	09.10.23-13.11.23	виконано
3	Результати досліджень	15.01.24-30.03.24	виконано
4	Охорона праці	30.04.24-05.05.24	виконано
5	Висновок	06.05.24-06.05.24	виконано

Студент-дипломник _____ / Орлова Анастасія Сергіївна
(підпис) / (ПІБ).

Керівник проекту (роботи) _____ / Зленко Ірина Борисівна
(підпис) / (ПІБ).

РЕФЕРАТ

Магістерська курсова робота складається з 83 сторінок та включає в себе 8 табл., 9 рис., 49 джерел.

Актуальність: Біоіота ґрунтів дозволяє вчасно виявляти негативні зміни в природному середовищі та розробити ефективні заходи для його відновлення. Вибір *Azotobacter* як біоіндикатора допомагає зосередитися на важливому компоненті ґрунтового мікробіоценозу, який має значний вплив на азотний обіг та забезпечує стійкість екосистем до зовнішніх впливів.

Мета: Дослідити впливи виробничої діяльності Нижньодніпровського трубопрокатного заводу Інтерпайп, з метою висвітлити особливості існування мікроорганізмів азотного циклу ґрунтів на територіях тривалого техногенного впливу..

Предмет досліджень – бактерії роду *Azotobacter*.

Об'єкт досліджень: міські екосистеми прилеглі до Нижньодніпровського трубопрокатного заводу Інтерпайп..

Поставлені завдання: Провести аналіз проб ґрунту для виявлення частоти зустрічальності бактерій роду *Azotobacter* та виявити негативні впливи умов зростання та розвитку на фізіолого-біохімічні та екологічні властивості культур.

Методи досліджень: Метод посіву на тверді середовища, метод непрямого підрахунку, метод оброслих грудочок ґрунту.

Ключові слова: БІОІТА, УРБОКОСИСТЕМИ, ФІКСАЦІЯ АЗОТУ, AZOTOBACTER,.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Вплив металургійного виробництва на навколишнє середовище	10
1.2 Важкі метали, як забруднювачі	19
1.3 Якість ґрунту навколо металургійного виробництва	28
1.4 Біота ґрунтів під впливом викидів металургійних підприємств	35
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ	41
2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень	41
2.2 Ґрунтові умови району досліджень	42
2.3 Методи досліджень	45
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
3.1 Виділення культур мікроорганізмів.	49
3.2 Біологічні особливості виділених культур	53
3.3 Дослідження параметрів швидкості росту культур	58
3.4 Потенційні економічні переваги проведення досліджень в умовах виробничої діяльності заводу	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
4.1 Заходи з охорони праці в НТЗ «Інтерпайп»	68
4.2 Аналіз виробничого травматизму	69
4.3 Охорона праці під час відбору проб	71
4.4 Заходи безпеки при роботі в лабораторії	72
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	77

ВСТУП

Проблема забруднення та пролонгованих негативних впливів на довкілля від підприємств металургії загальновідомі. Над вирішенням цієї проблеми в Україні і світі працюють вчені провідних наукових центрів та університетів. Шляхи подолання негативних впливів вирішуються комплексно із залученням фахівців різних галузей науки.

Для всебічної екологічної оцінки виробничої діяльності металургійного підприємства важливо визначити особливості поведінки забруднювачів в міських екосистемах зокрема у базисній складовій – ґрунті.

Металургійна промисловість має значний витік викидів аерозолів в атмосферу, в тому числі: CO_2 (оксидів вуглецю) і SO (сірка), H_2 (водень), NO (азоту), Fe_2O_3 (оксид заліза), SiO_2 (кремнію), MnO_2 (марганцю) та CaO (кальцію) і MgO (магнію).

Сьогодні металургійний завод вважається найбільшим металургійним підприємством України. Асортимент продукції становить понад 1200 різних розмірів труб, 25 розмірів колісних пар, втулок і робочих коліс, включаючи кулькові підшипники, високоміцні корпусні та масляні труби, безшовні електрозварні та тонкостінні трубні вироби, додатково ще виробництво жорсткокатаних залізничних колес малого діаметра.

Ця дипломна робота присвячена дослідженню впливу на ґрунти міських екосистем для оцінки їхнього стану від виробничих антропогенних факторів. Особлива увага приділяється Дослідженням азотфіксувальних мікроорганізмів на родини *Azotobacteraceae*, мешканців ґрунту, які зазвичай сприяють

покращенню якості ґрунту та зменшенню негативного впливу людської діяльності.

Особливий акцент робиться на дослідженні впливу забруднюючих речовин на стан культур азотфіксувальних мікроорганізмів у ґрунтах. Результати дослідження нададуть важливі дані для розуміння взаємозв'язків між ґрунтовою біотою та рівнем забруднення, що сприятиме розробці ефективних стратегій управління урбоекосистемами.

З метою досягнення поставленої мети, робота включає аналіз різноманітних аспектів впливу антропогенних факторів на ґрунтову екосистему у житловій забудові та безпосередньо на виробництві, оцінку змін у фізико-хімічних властивостях ґрунтів та їхній вплив на ґрунтову біоту. Розглядаються фізіологічні біохімічні властивості культур з різних ґрунтів,

Дослідження проводяться з використанням сучасних методів вимірювання та аналізу, що дозволяє збирати об'єктивні дані для подальшого наукового аналізу.

Таким чином, дана робота спрямована на систематизацію та аналіз зібраної інформації щодо стану біоти ґрунтів у міських ґрунтах, та їхнього впливу на довкілля.

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Найдавніше металургійне підприємство міста Дніпра є Відкрите Акціонерне Товариство «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод», яке знаходиться на північно-східній частині лівого берега Дніпра. Ця компанія була заснована німецьким підприємцем Бернардом Гантке в 1891 році, коли акціонерне товариство пана Гантке відкупило частину Брянського заводу коло підстанції Горянново і створили цвяхову фабрику.

У 1909 році Берnard Гантке збудував підприємство на лівому березі Дніпра отримавши безцінні території, які були покинуті після кризи Франко-російських майстерень. Підприємство має назву «Катеринославський завод Українського товариства залізної промисловості» та виробляє цвяхи, дріт, болти, сокири, ковані деталі для залізничного транспорту. На момент будівництва площа заводу не перевищувала 10 га.

У цьому районі розташовувалися різноманітні цехи, включаючи дротяну, пресову, цвяхову, ковальсько-штамповувальні, травильні та гальванічні відділи тощо.

У 1922 році підприємству було присвоєно ім'я німецького революціонера Карла Лібкнехта. 8 серпня 1929 році було ухвалено рішення «По справі «Південсталі». Відповідно до головного плану розвитку, планувалося будівництво нових цехів, таких як мартенівський цех, балонний цех, новий трубопрокатний цех, на той час перший в країні шинопрокатний стан для вироблення суцільнолитих шин для залізниць та транспортування. Старий сопілковий цех ґрунтовно перебудовано.

1.1 Вплив металургійного виробництва на навколишнє середовище.

Близько 90% емісії токсичних речовин в повітря створюються компаніями, які займаються металургією, енергетикою, видобутком вугілля та коксохімією. Окрім цього, виробництво металів задіюють до 20-25% стандартного обсягу промислового використання води і значно погіршують якість поверхневих вод.

Важливі виробництва металургії в Україні:

Публічне Акціонерне Товариство "Євраз-Дніпровський металургійний завод ім. Петровського"

Основні зайняття: виготовлення чавуну, сталі, прокату, товарів, широкого користування коксу та супутніх виробів, затверджених Міністерством Економіки України.

Публічне Акціонерне Товариство "Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод"

Основна діяльність: виготовлення труб, колес та різних товарів, які призначенні згідно з даними на 2022 рік.

До найбільш забруднюючих агентів, що потрапляють у повітря внаслідок розвитку виробництва металів, відносяться викиди коксохімії, агломерації, доменного виробництва, виробництва феросплавів і сталі. Коксохімічні процеси мають викиди: CO_2 (оксид вуглецю) і SO (оксид сірки), а також вугільна сажа, як при прямому виробництві, так і при роботі з вугільним матеріалом.

Основними джерелами емісії навколишнього середовища при виготовленні агломератів є: стрічки, системи охолодження агломератів, випалювальні топки, сортувальники порцій і агломератів. Газопилові утворення, що виробляються при спіканні містять інші метали, SO (оксид

сірки) і CO_2 (оксид вуглецю), Fe_2O_3 (оксид заліза) і MnO_2 (оксид марганцю), MgO (оксид магнію), P_2O_{10} (оксид фосфору), SiO_2 (оксид кремнію), CaO (оксид кальцію) та ін.

Галузева промисловість має значний витік викидів аерозолів в атмосферу, в тому числі: CO_2 (оксидів вуглецю) і SO (сірка), H_2 (водень), NO (азоту), Fe_2O_3 (оксид заліза), SiO_2 (кремнію), MnO_2 (марганцю) та CaO (кальцію) і MgO (магнію).

Печі з використанням електродуги, що пристосувались у виробництві феросплавів, вважають початковим основоположником викидів газу і пилу, які включають оксиди заліза (Fe_2O_3), міді (Cu_2O), цинку (ZnO), свинцю (PbO), (Cr_2O_3) хрому (Cr_2O_3) та кремнію (SiO_2). На перших етапах праці і обробки металевих компонентів утворюється велика кількість небезпечних викидів. Серед яких є пил графіту і металу, оксид вуглецю, формальдегід, фенол, метиловий спирт, пари сірчаної кислоти, аміак, бензол та інші речовини.

Відносно напрямку вітру забруднення повітря відбувається в районах розташування металовиробних заводів, на відстані від 20 до 50 кілометрів. Металургійні категорії наразі більш всього споживають води (H_2O) та є початком деградації середовища водних ресурсів в Україні. Для фабрикації однієї тонни сталевого виробу потрібно $180\text{-}200\text{m}^3$ води. У той же час 30-40% відведених вод металообробних фабрик включають: феноли ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), ціаніди (CN^-), роданіди (NH_4SCN), марганець (Mn), залізо(Fe), хром (Cr), миш'як(As), ванадій(V_2O_5) та інші шкідливі речовини.

Враховуючи забруднення ґрунту зона екологічного впливу металургійного підприємства може охоплювати радіус від 1 кілометра до 5 кілометрів. Ґрунт на цій території містить велику кількість шкідливих речовин [1].

Індустріалізація, швидка урбанізація та надмірна залежність від викопного палива спостерігаються в усьому світі в останні десятиліття. Відповідно, концентрація важких металів в навколишньому середовищі достатньо зросла через антропогенний внесок та наслідки металургійної

діяльності промислових підприємств, які призводять до розподілу та розсіювання важких металів у навколишньому середовищі [2].

Розвиток інженерних технологій сильно впливає на розробку методів, які призводять до поліпшення стану районів, забруднених важкими металами. Допоміжна фітостабілізація вписується в цю тенденцію і була використана для оцінки ефективності важких металів-імобілізації в фітостабілізованих ґрунтах при змінних температурах шляхом застосування 16 циклів замерзання-відтавання. Також були застосовані поправки до діатоміту та *Lolium perenne*. Було визначено Cd/Ni/Cu/Pb/Zn кожен загальний вміст у фітостабілізованих ґрунтах разом із перевіркою для кожного металу його розподілу у чотирьох видобутих фракціях з ґрунтів [3].

Важкі метали, що зустрічаються в ґрунтах, можуть становити загрозу для рослин, а також підземних вод, і, отже, потрапити в харчовий ланцюг (Singh and Kumar, 2017). Залежно від умов, що відбуваються в ґрунті, можуть бути знерухомлені або зазнати міграції. Ці зміни можуть бути як природними, так і викликаними діяльністю людини (Lian et al., 2022; Jia et al., 2022). Поряд з розвитком промисловості, рівень виробництва забруднюючих важких металів з різних полів був посилений, що значно впливає на стан повітря, води та ґрунтового середовища.

Металургія найкраще охарактеризувати як галузь матеріалознавства та інженерії, яка вивчає фізичну та хімічну поведінку металевих елементів. Металургія також вивчає міжметалеві сполуки та те, як їх можна змішувати.

Зазвичай термін металургія відноситься до комерційного виробництва та використання металів, і він впливає на такі галузі, як охорона здоров'я, транспорт, оборона та розваги, шляхом створення та переробки металів.

Металургія може бути розділена на дві категорії: екстрактивна та фізична металургія. Після того, як метали були видобуті та оброблені, їх можна використовувати для виробництва.

Екстрактивний - екстракційна металургія передбачає відділення металу від руди або інших форм хімічних сполук, що дозволяє обробляти та очищати метали.

Екстрактивна металургія складається з двох основних методів:

- Пірометалургія передбачає використання теплової або термічної обробки мінералів та руд. Тепло викликає фізичне або хімічне перетворення матеріалів, що дозволяє витягувати метали. Найпоширенішими пірометалургійними процесами є обсмажування, виплавка та перетворення.

- Гідрометалургія передбачає використання води в процесах вилучення металів або сполук з їх руд. Це можна зробити за допомогою вилугування, осадження нерозчинних сполук та зниження тиску.

Фізичний - фізична металургія займається процесами виготовлення корисних продуктів з та розробки металевих сплавів для виробництва та будівництва. Фізична металургія вивчає металеві кристалічні структури, механічні властивості, електричні властивості, магнітні властивості та хімічні властивості металів.

Основні компоненти фізичної металургії включають:

- Порошкова металургія описує процеси, в яких матеріали або компоненти виготовляються з металевих порошоків. Порошкова металургія дозволяє операціям зменшити потребу у використанні процесів видалення металу і часто призводить до зниження витрат.

- Сплав - це процес змішування декількох елементів. Такі суміші, або сплави, можуть мати властивості, що перевершують чисті метали. Операції використовують легування як засіб для збільшення міцності, підвищення корозійної стійкості та часто зниження витрат [11].

Фізична сутність динамічної роботи процесу виробництва сталі вказує на те, що динамічна робота виробничого процесу має три елементи: потік, мережа процесів та програма експлуатації.

Потік - відноситься до динамічних операцій/змін різних форм "ресурсів" та "подій", які працюють у відкритих системах. "Потоки" включають масовий потік, потік енергії, інформаційний потік та їх взаємозв'язки.

Мережа - це сума "вузлів", "ліній" та їх зв'язків. Мережа - це шлях руху, траєкторія та просторово-часова межа операційного носія.

Операційна програма - це інтегровані інструкції серії внутрішньої самогенерованої та зовнішньої введеної інформації в процесі динамічної операції [12].

Виробничий процес інтегрований різними типами процесів з власними властивостями, рівнями та просторово-часовими масштабами за допомогою динамічної структури. Відносини між процесами представляють структури, і ці структури є динамічними, впорядкованими та ієрархічними. Через їх відкритість, коливання та нелінійні взаємодії структури складні.

Фізична суть виробничого процесу - це динамічно-впорядкована робота масового потоку, керованого потоком енергії за заданою програмою (наприклад, інструкція експлуатації) та конкретною технологічною мережею (наприклад, загальним макетом). Динамічно впорядкована робота дає багатоцільову оптимізацію: покращення якості продукції, зниження витрат, підвищення ефективності, зменшення споживання енергії, зниження викидів, екологічність тощо. Ядром роботи виробничого процесу є еволюція та потік.

З фізичної сутності динамічної роботи процесу виробництва сталі функції процесу виробництва сталі можна узагальнити, як показано нижче:

1. Операційна функція залізного масового потоку - виробнича функція сталевих виробів.

2. Операційна функція потоку енергії - функція перетворення енергії та функція рекуперації відпрацьованого тепла та пов'язаної з ними переробки відходів.

3. Взаємодійна функція залізного масового потоку та кам'яновугорного енергетичного потоку - функція досягнення технічних цілей виробничого процесу та функції обробки та переробки відходів [13].

Попіл, шлаки та пил - побічні продукти видобутку та обробки металів - є джерелами токсичних металів, таких як Pb, Cd, Hg, As, Al, а також твердих частинок. Фізичні, хімічні та біологічні процеси перетворюють промислові відходи та спричиняють забруднення води, ґрунту та повітря. Неправильно захищені купи схильні до вітрової ерозії та вилуговування дощової води. Важкі метали та тверді частинки транспортуються на великі відстані, забруднюючи ґрунт, житлові райони, водотоки, тоді як у поєднанні з туманом вони створюють смог. Водна ерозія виділяє важкі метали, які вимиваються в підземні води або поверхневий стік.

Металургійна промисловість відповідає за викид діоксиду сірки, оксидів азоту та хлору. Печі для плавки міді використовуються в пірометалургійних процесах. Під час обробки реактор генерує великі обсяги SO₂ (Okanigbe et al., 2017). За останні 50 років загальні викиди діоксиду сірки склали 7,5 мільйонів тонн. Перш ніж використовувати для виробництва сірчаної кислоти, газоподібний потік повинен бути вільним від твердих частинок.

Стан ґрунтів навколо промислових об'єктів повинен регулярно контролюватися на предмет рівня токсичних елементів та їх просторового розподілу. Сільськогосподарські землі часто розташовані поблизу промислових підприємств, і їх забруднення може бути елементом ризику, будучи прямим джерелом біоаккумуляції елементів у харчовому ланцюжку. Ці забруднювачі можуть бути повітряно-киспельними (у газоподібній або аерозольній формі), а потім осідати на поверхневому шарі ґрунту і поступово проникати в землю (Mazurek et al., 2017) [14].

Металургійні заводи є джерелом обтяжливих викидів ґрунту, води та забруднення повітря. Вони можуть негативно впливати на навколишнє середовище навіть після закінчення виробництва. Накопичені відходи, особливо мул, шлак і пил, роками залишаються забруднювачами навколишнього середовища.

Звалище, розташоване поблизу заводів, містить шлак, включаючи, серед іншого, залізо та хром у різних хімічних формах. Звалище є причиною для

занепокоєння місцевого населення та водоочисної компанії, яка черпає воду з навколишньої місцевості для муніципальних цілей. З того часу, коли виробництво в Сехніце-металургійному заводі було закрито, було запропоновано різні плани вирішення екологічної проблеми.

Хром - це сірий, твердий метал, який найчастіше класифікується як важкий метал, який зазвичай зустрічається в сполуках у тривалентному стані в природі. Тривалентний хром визнаний важливою поживною речовиною і широко використовується як харчова добавка для людей і тварин. Крім тривалентної форми Cr(III), за певних умов навколишнього середовища хром також можна знайти в металевих нульових (Cr(0)) або шестивалентних (Cr(VI)) формах. Найпоширенішою рудою, що містить значну кількість Cr(III), є хроміт (FeOCr_2O_3). На початку цього століття було вироблено приблизно 13,5 мільйонів тонн хромітової руди та перетворено на близько 5 мільйонів тонн ферохрому (Papp, 2002). Хром у різних формах можна знайти у воді, ґрунті та повітрі. Природними джерелами хрому є, наприклад, шари гірських порід, багаті Cr(III)-несучими мінералами (зокрема, хромітом), які розчиняються, а згодом Cr(III) можуть окислюватися до Cr(VI) (Oze et al., 2007).

Джерела антропогенного хрому - це стоки з різних технологічних процесів, таких як металургія, гальванічне покриття, дублення шкіри, фарбування текстилю, фарбування, фарбування та виробництво алюмінію, а також різноманітне використання ніш (Čáslavský et al., 2010).

Концентрації хрому в ґрунтах варіюються від 0 до 1000 мг/кг. Повідомляється, що середній рівень хрому в навколишньому повітрі в Європі коливається від 20 до 70 нг/м³. Концентрації хрому в підземних водах також істотно відрізняються залежно від відповідної області. Зазвичай вони розміщуються від 0,3 до 6 мкг/л (Swietlik, 1998) [15].

Антропогенні викиди парникових газів викликають глобальне потепління та інші наслідки зміни клімату (наприклад, МГЕЗК, 2018). Викиди вуглекислого газу (CO_2) від використання викопного палива є особливо

значними (МГЕЗК, 2013; USGCRP, 2018), але викиди парникових газів також відбуваються внаслідок промислових процесів, управління відходами, сільськогосподарської діяльності та інших видів зміни землекористування. Міжнародні угоди, такі як Кіотський протокол (РКЗК ООН, 1998) та Паризька угода (РКЗК ООН, 2015), були прийняті для створення послідовних викидів, що враховують сприяння та моніторинг скорочення викидів в цілому.

Методи аналізу емісійних процесів з різних категорій антропогенної діяльності та міжнародна система звітності про національні кадастри викидів парникових газів в першу чергу надають детальну інформацію про людську, мирну діяльність (МГЕЗК, 2006). Загальний підхід до оцінки викидів полягає в тому, щоб множити дані про активність на коефіцієнти викидів (Marland and Rotty, 1984), що дає оцінки в глобальних, національних або менших масштабах на щорічній основі. Цей базовий підхід, який складається з лінійної комбінації даних про діяльність та коефіцієнтів викидів [16].

Зі швидким зростанням металургійної промисловості спостерігається значне збільшення виробництва металургійних шлаків. Шлаки відходів створюють значні проблеми для їх утилізації через складні склади, низькі показники використання та токсичність для навколишнього середовища. Одним з перспективних підходів є використання металургійних шлаків як каталізаторів для обробки вогнетривких органічних забруднювачів у стічних водах за допомогою вдосконалених процесів окислення, досягнення мети "обробки відходів відходами".

Узагальнені умови реакції, каталітичні характеристики та механізми деградації органічних забруднювачів з використанням металургійних шлаків. Дослідження довели доцільність використання металургійних шлаків як каталізаторів для видалення різних забруднювачів АОП. На каталітичну продуктивність значно вплинули каталізатори, похідні шлаків, модифікація каталізатора та технологічні фактори. Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на вирішенні проблеми безпеки та стабільності каталізаторів, розробці зелених та ефективних методів модифікації, підвищенні

ефективності деградації та впровадженні широкомасштабної обробки реальних стічних вод.

Металеві вироби відіграють життєво важливу роль у сучасному суспільстві, широко використовуються в механічному будівництві, аерокосмічній, національній обороні та інших важливих сферах (Potysz et al., 2018). Зростаючий попит на метали призвів до прогресивного розвитку металургійної промисловості, що призвело до виробництва різних металевих виробів, які мають важливе значення для виживання людини та якості життя (Zhou et al., 2022a).

Прогресуюча генерація металургійних шлаків призводить до окупації значної кількості землі та значного забруднення навколишнього середовища через наявність токсичних компонентів.

Металургійні шлаки містять рясні активні оксиди металів, які демонструють високу каталітичну активність і можуть служити каталізаторами. Однак наявність оксиду кальцію та оксиду кремнію на поверхні шлаку може зменшити його каталітичну активність. Тому необхідно визначити відповідні методи модифікації металургійних шлаків, перш ніж використовувати їх як каталізатор для очищення стічних вод. Такі модифікації спрямовані на підвищення стабільності та каталітичної активності шлаку. Якщо не лікувати, накопичення металургійних шлаків на суші може призвести до проникнення важких металів у ґрунт, завдаючи шкоди навколишньому середовищу.

Використання металургійних шлаків для очищення стічних вод не тільки забезпечує ефективне видалення забруднюючих речовин, але й полегшує використання ресурсів та валоризацію металургійних шлаків, узгоджуючись з концепцією "обробка відходів відходами". Однак немає оглядових документів щодо застосування металургійних шлаків. Ця робота містить огляд джерел, виробничих та фізико-хімічних властивостей різних металургійних шлаків та узагальнює їх використання. Обговорюються методи обробки металургійних шлаків та їх ефективність у видаленні забруднюючих

речовин, пропонуючи нове уявлення про використання ресурсів металургійних шлаків [17].

1.2 Важкі метали, як забруднювачі.

Майже всі важкі метали надходять у ґрунт у вигляді сульфідів. Ґрунти в зоні впливу Інтерпайп за ступенем їх забруднення поділяються на дві групи: ґрунти в межах підприємства та ґрунти його околиць на відстані 4–15 км. Основні забруднюючі речовини надходять у ґрунт із залізистих шлаків. Ступінь забруднення ґрунту нижчий у передмісті, де сульфіди важких металів потрапляють у ґрунти з повітряними викидами підприємства [4].

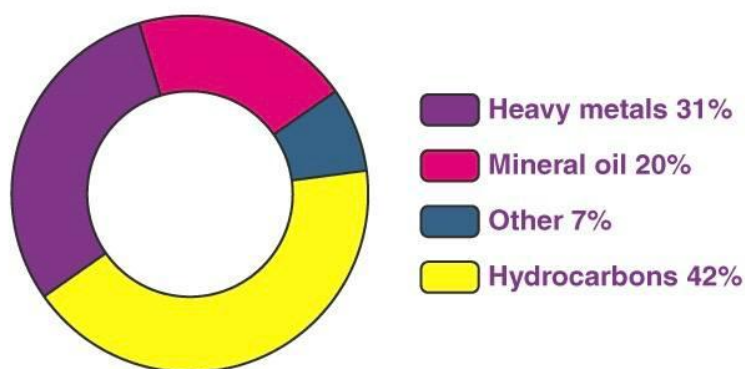


Рисунок 1.1 – Основні забруднювачі ґрунту .

Вивчення важких металів включає вивчення їх потенційного несприятливого впливу, їх походження та стратегії рекультивації ґрунту, забрудненого важкими металами. Наявність важких металів у ґрунті може бути пов'язана як з природними, так і з антропогенними процесами.

Дослідження показали, що ґрунти, забруднені важкими металами, становлять потенційну небезпеку для здоров'я людей. Діти більш вразливі до впливу важких металів, ніж дорослі. Результати підкреслюють важливість

забруднення навколишнього середовища важкими металами, спричиненого гірничо-металургійними роботами в Україні.

Ґрунт, забруднений важкими металами, створює значну загрозу здоров'ю, як канцерогенну, так і неканцерогенну, особливо для дітей та людей, які живуть у сильно забруднених гірничо-металургійних районах. Впровадження методів фізичної, хімічної та біологічної рекультивації є найпродуктивнішим підходом для вирішення проблем забрудненого важкими металами ґрунту.

Глобальне поширення забруднення призвело до значних проблем, пов'язаних із екологією та здоров'ям (Spurgeon et al., 2011). Що поширення небезпек, такі важливі елементи, як Cu та Zn, менш токсичні для людей і прісноводних видів, ніж непотрібні метали, такі як Pb, Cd і Hg (Fu et al., 2017).

Людство живе в епоху зі значним рівнем забруднення важкими металами, що видно зі значного зростання глобального забруднення важкими металами. Неадекватне управління покинутими плавильними майданчиками призвело до значного забруднення навколишнього середовища. Екологічні дослідження повинні приділяти пріоритетну увагу розумінню наслідків забруднення важкими металами на плавильних майданчиках. Однією з примітних характеристик цих забруднювачів є властива їм токсичність та хімічні компоненти, що диференціюють ВМ від основної маси хімічних забруднювачів у навколишньому середовищі.

Мінералогія відіграє значну роль у екологічному розподілі важких металів (Xu and Fu, 2022). Потрібно мати чітке розуміння або мінералогії ґрунту, щоб оцінити історичний та поточний стан забруднених регіонів. Знання важких металів, включаючи статистику, тверді частинки, розчинені форми та різні типи.

Геохімія основних елементів вказує на мінералогію, тоді як мікроелементи демонструють різні закономірності серед різних мінералів (Hower et al., 2022).

Це важлива складова різноманітних мінералів, які зазвичай зустрічаються в осадових, магматових та гідротермальних породах (Ansari et al., 2023). Попереднє спостереження за дослідженнями передбачає, що на вилуговування слідових металів у зразках впливає об'ємна хімія та мінералогія (Piatak et al., 2004). Таким чином, навіть у складних обставинах з кількома галузями, розташованими поблизу, мінералогія входів частинок може бути використана безпосередньо для виявлення походження та входів у будь-якій даній області (Gregurek et al., 1998). Значні зміни біодоступності Cd, Pb та Zn спостерігалися протягом численних досліджень, і на додаток до рН, на біодоступність ґрунту також впливає його мінералогія (Wang et al., 2023a, Wang et al., 2023b).

Більшість з 114 відомих елементів - 90 з яких зустрічаються природним чином на Землі - утворюють метали, і всі, крім одного з них (Hg) є твердими речовинами; атомні або молекулярні гази складаються з одинадцяти елементів, тоді як тверді або рідкі неметали містять дванадцять додаткових елементів (Smith and Nordberg, 2015). Рідкоземельні елементи життєво важливі в багатьох галузях, включаючи виробництво, виробництво нафти та текстилю, а також сільське господарство (Hedrich and Schippers, 2021).

Концентрації елементів платинової групи, а саме рутенію (Ru), родію (Rh), паладію (Pd), осмію (Os), іридію (Ir) та платину (Pt), демонструють надзвичайно низькі рівні в діапазоні від 0,000022 до 0,00052м. частин на мільйон у верхній континентальній корі; однак ці концентрації знаходяться в діапазоні 1–15 м у рудних родовищах (Hedrich et al., 2020).

Забруднення ґрунту іонами важких металів є однією з серйозних тонкощів, з якими зіткнулися у всьому світі за останні кілька десятиліть завдяки швидкій індустріалізації, людській недбалості та жадібності. Іони важких металів досить токсичні навіть при низькій концентрації, що розбухає як не біорозкладний за своєю природою. Їх біоаккумуляція в організмі людини призводить до кількох хронічних і стійких захворювань, таких як рак легенів, поломка нервової системи, проблеми з диханням і пошкодження нирок

тощо. На додаток до цього, підвищена концентрація цих іонів металів у ґрунті, що перевищує допустимі межі, робить ґрунт непридатним для подальшого сільськогосподарського використання [9].

Рівні природних металів у ґрунтах залежать від переважаючих геогенних та антропогенних, які можуть значно відрізнятися. Незважаючи на це, іноді їх концентрація може виходити за межі фонових екологічних керівних принципів якості ґрунту без антропогенного впливу. Тому вкрай важливо зрозуміти квантову та причини природної мінливості для оцінки екологічного та людського ризику для здоров'я. Хоча слідові кількості металів, таких як перехідні метали першого ряду, тобто залізо, хром, нікель, мідь, марганець та цинк, існують як необхідні поживні речовини для людини та інших біоти через їх відомі біологічні функції, на підвищених рівнях вони токсичні та становлять загрозу для здоров'я людини, біологічних видів та навколишнього середовища в цілому. Існування металів (лоїдів), таких як миш'як, кадмій, ртуть та свинець, у різних сферах навколишнього середовища не є суттєвими і не приносять користі для біоти.

Протягом стількох десятиліть фраза "важкі метали" використовується екологами та вченими в екотоксикологічних дослідженнях. Метали широко використовуються в багатьох промислових додатках, таких як виробництво батарей, сплавів, гальванічних металевих деталей, агрохімічних застосувань та дорожніх конструкцій. Важкі метали, які мають щільність приблизно в 5 разів більшу, ніж щільність води, не біорозкладні і тому монотонно забруднюють повітря, що відкладається в ґрунт, воду, а також відкладення. Наявність важких металів у навколишньому середовищі викликала велике занепокоєння через їх потенційний довгостроковий згубний вплив на життя людей, тварин і рослин, особливо в країнах, що розвиваються, де процеси пом'якшення наслідків є. Наприклад, дегенерація сперматогенезу та якості сперми у чоловіків людини, особливо моторика сперматозоїдів та гормональні розряди, були пов'язані із забрудненням Cd, гіпертонія та інші серцево-судинні захворювання, пов'язані як у людей, так і у тварин, були пов'язані з впливом

Pb навіть на низьких рівнях, а несприятливі зміни неврологічної, нервової, травної, імунної та репродуктивної систем у людей та дикої природи були пов'язані із забрудненням Hg. [10].

Метали, як правило, класифікуються на основі їх загальних фізичних характеристик у твердому стані, і ці характеристики включають високу електричну та теплопровідність, металевий блиск, що виникає внаслідок їх високої відбивної здатності, та механічні властивості, такі як міцність та пластичність (Smith and Nordberg, 2015). Мінерали групи «Спінел» були визначені як загальний господар для металонесучих забруднювачів у мінеральному аналізі забруднених ґрунтів під впливом викидів плавильних заводів та пилу від гірничодобувної діяльності; хоча більшість досліджень були зосереджені на високотемпературних процесах, які призводять до мінералів групи шпінелю, останні дослідження показали, що мінерали групи шпінелю, які включають метали, також можуть утворюватися в поверхневих ґрунтах при кімнатній температурі (Schindler et al., 2019).

Метали, присутні в геогенних частинках ґрунту, зокрема мінералах, як правило, демонструють більшу стабільність, ніж метали, пов'язані всередині частинок шлаку або частинок, що утворюються під час процесу охолодження виплавки димових газів (Baïeta et al., 2023). Тут дослідники описують результати теоретичного дослідження взаємодій між заміщеними тіосечовиною та трьома загальними іонами: Cd_{2+} , Hg_{2+} та Pb_{2+} (Barzaga et al., 2021).

Дослідження ґрунту Садбері досягло порівнянних результатів щодо передбачуваної більшої мобільності Cu_{2+} , ніж Ni_{2+} , а також зазначило, що підвищена мобільність Cu_{2+} у ґрунтах Садбері є нетиповою, оскільки Cu_{2+} зазвичай демонструє знижену рухливість порівняно з Ni_{2+} через розвиток більш потужних комплексів з органічною речовиною, Fe-Mn-оксидами та глинистими мінералами (Lanteigne et al., 2012). Серед людей існує консенсус щодо того, що деякі природні мінерали, в основному оксиди марганцю, можуть сприяти перетворенню Cr(III) в Cr(VI) (Li et al., 2023a, Li et al., 2023b).

Кобальт, який з'являється в численних міжнародних списках стратегічних і критичних мінералів, є одним із прикладів критичного металу, знайденого у великих кількостях в шлаках Cu (Ettler et al., 2022).

Металургійні шлаки є найбільш значними мінеральними відходами, що утворюються під час пірометалургійного видобутку металів з руд (Vítková et al., 2010).

Антропогенні забруднювачі викидаються в навколишнє середовище постійно зростаючими темпами через недавнє швидке зростання населення, урбанізацію та тривалість життя (Lari et al., 2022). Екологічні та токсикологічні проблеми були виведені на перший план завдяки зростаючому споживанню складних металів (Єгорова та Ананіков, 2017).

Один з основних несприятливих наслідків неактивних шахт, як правило, пов'язаний з відмовою від значної кількості відходів; зокрема, накопичення хвостів, які є побічними продуктами, що утворюються під час процесу видобутку мінеральної руди, часто відбувається в крутих запасах, і ці запаси сприйнятливі до ерозії, тим самим створюючи потенційний ризик забруднення навколишнього середовища в околицях (Bogi et al., 2016). Міське та приміське середовище та райони, що оточують видобуток, несуть основний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище, спричинений світовим зростанням виробництва, використання та виробництва хімічних речовин та відходів (Ataria et al., 2023).

Україна стала найбільшою у світі з виробництва сирого та рафінованого Рb та його найбільшим споживачем (Shi et al., 2019). Україна добре визнана провідним виробником шлаку Cr, маючи приблизно 25 компаній, що виробляють солі Cr, а об'єднані фірми мають спільну річну виробничу потужність у 329 000 тонн, що призводить до щорічних викидів шлаку Cr до 450 000 тонн (Gao and Xia, 2011).

Кількість свинцю, що виникає в результаті діяльності людини, відома як антропогенні концентрації свинцю, зазнала глобального зростання з моменту появи металургії понад 5000 років тому (Le Roux et al., 2019). Небезпечні

постійні та біоаккумулятивні якості ртуті роблять її значною проблемою охорони здоров'я та екосистеми як у її неорганічній, так і в органічній формах (Cheng and Hu, 2012a, Cheng and Hu, 2012b). Україна має резерви Hg, позиціонуючи його як третього за величиною власника в світі (Jiang et al., 2006).

Компанія Yuguang Gold and Lead Co. Лтд. плавильний завод у Цзіюань, провінція Хенань, Китай, визнаний на міжнародному рівні як провідне плавильне підприємство Pb та Zn (Wu et al., 2020). В даний час Китай є провідним світовим виробником Pb. Ґрунт у вибраних провінціях, зокрема Гуандун, Хенань, Хунань, Pb та Cd, зазнав відкладення різноманітних складових через операції видобутку та виплавки, пов'язані зі свинцем. Кумулятивна глобальна площа землі, що використовується для поверхневих гірничих робіт з 1976 по 2000 рік, становила приблизно 3700 000 га, що становить приблизно 0,2% від загальної поверхні землі Землі; однак за останні двадцять років відбулося значне зростання світових масштабів видобутку, про що свідчать нещодавно отримані дані, що показали значне розширення гірничих площ, досягнувши 5727 700 гектарів (Anda et al., 2022). Згідно з кількома дослідженнями, світові гірничодобувні сектори генерували 4140 000 метричних тонн свинцю та 12 000 000 метричних тонн цинку в 2010 році (Yin et al., 2016).

Через притаманну їм складність екологічні та хімічні системи часто вимагають великого збору, обробки та аналізу даних, щоб виявити раніше невідомі закономірності, кореляції та основні ідеї (Ren et al., 2022). США Звіт Національної академії з екологічної інженерії 21-го століття визначає п'ять великих проблем: забезпечення стабільного постачання продовольства, води, енергії; та контроль зміни клімату та адаптація до його наслідків; розробка майбутнього, вільного від забруднення та відходів, та усунення забруднених підземних вод має вирішальне значення для захисту якості води, але це вимагає передбачення руху нових антропогенних та геогенних забруднювачів та забруднювачів (Deng et al., 2023).

Потенційний видобуток металів з різноманітних родовищ відходів є життєздатним підходом для задоволення потреб суспільства в металах та пом'якшення впливу утилізації відходів на навколишнє середовище (Kinnunen and Hedrich, 2023). Останнім часом стало зрозуміло, що хімічна екстракція металів з мультитабруднених ґрунтів не надає достатньої інформації про біодоступні фракції металів, а також точно не відображає токсичність всіх речовин у ґрунті, їх синергетичний та антагоністичний вплив та їх взаємодію з ґрунтовою матрицею та організмами (Bori et al., 2016).

Визначення хімічної видоутворення важких металів у твердому екологічному зразку часто включає послідовний процес екстракції, в якому різні види витягуються в певному порядку, і ці види включають адсорбовано-замінну карбонатну фазу, відновлювану фазу, окислювану фазу та залишкову фракцію (Li et al., 2013). Вміст металу в ґрунті можна швидко та надійно визначити за допомогою рентгенівської флуоресцентної спектроскопії; схема зменшення вказує на потенційну нестабільність (Shen et al., 2019). У дослідженні мінералогії використовувалася рентгенівський дифракційний аналіз (Martina Vítková et al., 2011). Послідовна екстракція та магнітна сепарація були проведені для розуміння наномінеральних збірок (Hower et al., 2022) [5].

Біоремедіація - це процес опосередкований мікроорганізмами, і являє собою стійкий та екологічно чистий спосіб деградації та детоксикації забруднювачів навколишнього середовища. Ґрунтові мікробіоми явно стають ключовим компонентом біоремедіації, оскільки вони є більш стабільними та ефективними, ніж чисті культури, будучи визнаними одним з наукових кордонів ґрунтової екологічної науки та технології. Останнім часом було зроблено багато досягнень щодо дослідження механізмів рекультивації мікробіомами ґрунту та взаємодії всередині них. Це значно розширило нашу здатність характеризувати рекультивальну функцію мікробіомів ґрунту та визначати фактори, які впливають на їх ефективність для рекультивації. Тут ми припускаємо, що ґрунтові мікробіоми є перспективною стратегією для

рекультивациі ґрунту. Зараз необхідні дослідження, щоб визначити, як ми можемо маніпулювати та керувати мікробіомами ґрунту, щоб одночасно підвищити ефективність рекультивациі та підвищити родючість ґрунту. Тому цей огляд має на меті підкреслити важливість мікробіомів ґрунту в біоремедіації та сприяти подальшому розвитку цієї стратегії в широко прийнятій техніці [8].

Забруднення через існування важких металів у воді та ґрунті становить значну небезпеку для всього світу в результаті зростання індустріалізації та урбанізації. Дослідження стійких та екологічно чистих альтернатив викликано частими збоями та зривом звичайних методів відновлення. Використання рослин, зокрема в біоремедіації, було визначено як перспективний метод зниження концентрації важких металів у стічних водах або ґрунті.

У міських та щільних містах Індії неприйнятна пряма утилізація промислових та муніципальних відходів на землю, що утворюються у значних кількостях, сприяє забрудненню ґрунту. Нерозвинені стічні води, кислі осадки, радіоактивні зіткнення; пестициди, добрива, гербіциди, суспензії, сміття та гній, що використовуються в сільськогосподарській практиці, є одними з непохитних доповнень штучних хімічних речовин до ґрунту. Ступінь індустріалізації, жвава індустріалізація сільськогосподарського сектору збільшила інтенсивність хімічної обробки. Це призвело до утворення дешевих або неякісних енергетичних форм, які постійно руйнують природну екосистему шляхом скиду штучних хімічних речовин з постійною швидкістю (Rai, 2019; Gani et al., 2023(a)).

Біодеградація макробіотичних забруднень, що містяться в ґрунті, пригнічується важкими токсичними металами, присутніми в забрудненому ґрунті, оскільки це викликає морфологічні та фізіологічні зміни, а також впливає на розмноження мікробів (Wuana and Okieimen, 2011; Dadea et al., 2017). Розмір, склад та активність мікробної спільноти, що проживає в біоті ґрунту, змінюються через важкі метали. Використання рослин та бактерій, з якими вони пов'язані, для очищення навколишнього середовища відоме як

фітореMediaція. Цей метод використовує органічні та неорганічні процеси дeгpадації та секвестрування забруднення, які відбуваються природним чином у рослинах та їх мікробній ризосферній флорі. Спектр органічних та неорганічних забруднювачів може бути ефективно очищений за допомогою методів фітореMediaції. Більшість органічних забруднювачів у навколишньому середовищі є штучними і вважаються ксенобіотиками живих істот. Багато з них шкідливі, а деякі можуть викликати рак (Pilon Smits, 2005; Gani et al., 2023(b)).

ФітореMediaція може використовуватися для лікування широкого спектру забруднюючих речовин, включаючи важкі токсичні метали, радіоактивні речовини та органічні речовини, такі як поверхнево-активні речовини, пестициди/інсектициди, вибухові речовини, хлоровані розчинники та поліциклічні ароматичні вуглеводні. Деякі види використання виробленої біомаси включають когенерацію електроенергії та створення біопалива.

Деякі метали мають вирішальне значення для росту рослин; однак надзвичайно низькі або високі концентрації цих важких металів можуть гальмувати ріст рослин (Salt et al., 1998). Поліпшення мікроклімату, зберігання вуглецю та привласнення; пом'якшення стоку, а також очищення повітря - це деякі з додаткових переваг, що надаються видами рослин, що використовуються у фітореMediaції (Bozen-bolzano et al., 2017). Багато рослин, природно, мають здатність приймати важкі метали та гіперакумуляувати їх у своїх тканинах. Як органічні, так і неорганічні забруднювачі піддаються лікуванню за допомогою цього лікувального методу (Bauddh et al., 2017). Це корисна стратегія очищення та довгострокового управління ґрунтом [7].

1.3 Якість ґрунту навколо металургійного виробництва

Якість ґрунту визначається його здатністю функціонувати в межах землекористування та екосистем, а також демонструвати біологічну продуктивність та збереження якості навколишнього середовища, а також здоров'я рослин, тварин та людей, включаючи його здатність буферизувати забруднювачі, такі як сільськогосподарські та промислові хімікати (Bünemann et al., 2018).

Важливим компонентом оцінки якості ґрунту є ідентифікація набору чутливих атрибутів ґрунту. Зазвичай оцінка ґрунту починається з експертного судження про властивості ґрунту з подальшим скороченням статистичних даних або встановленням стандартних, нелінійних скорингових функцій, які зазвичай мають одну з наступних форм: більше краще або менше краще. Зважування використовується для ранжування функцій ґрунту з точки зору їх важливості (Lima et al., 2013). Комплексний характер оцінки якості ґрунту дозволяє оцінити екологічний ризик, а зниження якості розглядається як результат деградації (Kowalska et al., 2018).

Надмірне накопичення металів впливає на загальну якість ґрунту (Baran et al., 2017). Часто виробляються в значних кількостях антропогенними викидами, є одними з найсерйозніших забруднювачів навколишнього середовища через їх токсичність, стійкість та біоаккумуляцію (Werkenthin et al., 2014). Забруднювачі у ґрунті пригнічують ріст мікроорганізмів, порушуючи їх основні фізіологічні функції та первинні процеси, пов'язані з розкладанням та перетворенням органічної речовини (Jaworska and Lemanowicz, 2019).

Інтенсифікація забруднення ґрунту може бути результатом металургійної діяльності. В останні роки металеві забруднювачі в результаті металургійної діяльності було визначено в поверхневих шарах ґрунтів, розташованих у різних країнах [22].

Забруднення важкими металами на промислових територіях по всьому світу є значною проблемою, яка погіршується з кожним днем. Тяжкі та токсичні метали шкідливі для здоров'я та екології людини в регіоні. Отже, визначення їх рівня та потенціалу має вирішальне значення для формування ефективних стратегій контролю забруднення для зменшення ризиків, пов'язаних з ними.

Ризик, який важкі метали представляють для екосистеми, був розрахований за допомогою екологічного фактора ризику і був визнаний вищим за рекомендований рівень. Аналіз головного компонента, кореляція Пірсона та інтерполяція зважування зворотної відстані показали, що ґрунт поблизу сталеливарних заводів, звалищ та заводів з переробки мармуру надзвичайно забруднений важкими металами. Також були розраховані небезпеки для здоров'я від впливу важких металів через прийом всередину, інгаляцію та шкірний контакт.

Ґрунт і вода життєво важливі для існування життя. Проблема забруднення ґрунту та води стала значною проблемою в країнах, що розвиваються, протягом останніх кількох десятиліть, в основному через збільшення урбанізації та зростання промисловості. Тяжкі метали широко досліджуються забруднювачами в першу чергу через їх довгостроковий шкідливий вплив. Вони є основними складовими земної кори, а деякі з них необхідні для людського тіла в слідових кількостях.

Антропогенна діяльність є основним фактором, що сприяє забрудненню ґрунту та води. Промислова діяльність є значним внеском у забруднення навколишнього середовища, спричинене токсичними металами. Наявність важких металевих забруднювачів у промислових районах може забруднити як ґрунт, так і воду. Це забруднення виникає внаслідок неправильної утилізації відходів різними галузями промисловості, такими як залізо, сталь, енергетика, мрамур та хімічні виробничі заводи. Забруднювачі, такі як важкі та токсичні метали, мають потенціал для накопичення в ґрунті та воді через аерозольне осадження, що є результатом промислових викидів [18].

Індустріалізація в прибережних районах критичних річок спричинила значний вплив на навколишнє середовище та здоров'я.

Індустріалізація та урбанізація були рушійними силами економічного зростання та розвитку по всьому світу, але вони також значно сприяють забрудненню та деградації навколишнього середовища. Як один з найбільш небезпечних забруднювачів, важкі метали, що виділяються від промислової діяльності, можуть зберігатися в навколишньому середовищі та накопичуватися в ґрунтах, відкладеннях, водоймах, рослинах та тваринах протягом тривалого часу, негативно впливаючи як на біотичні, так і на абіотичні компоненти екосистем.

Тяжкі метали викликають особливе занепокоєння, оскільки вони токсичні, не піддаються біологічному розкладанню і можуть бути біонакопичені в харчових ланцюгах, що призводить до біозбільшення та підвищення ризику для здоров'я людини.

Тому забруднення ґрунтів, екологічні ризики та небезпека для здоров'я людини, пов'язані з важкими металами під час індустріалізації та урбанізації, заслуговують на особливу та постійну увагу з боку екологічної спільноти.

В даний час багато валідованих методів були використані для якісної ідентифікації та кількісної оцінки забруднення ґрунту важкими металами та пов'язаних з ними ризиків. Рівень забруднення важких металів у ґрунті часто визначається за допомогою одиночних або композитних індексів, включаючи індекс геоакумуляції, єдиний індекс забруднення, пороговий індекс забруднення, фактор збагачення та індекс навантаження на забруднення.

Для визначення первинних типів та просторових гарячих точок джерел забруднення зазвичай використовуються геостатистичні моделі та багатовимірні статистичні моделі, такі як автокореляційний аналіз, кластерний аналіз та аналіз основних компонентів [19].

Рівень забруднення важких металів кількісно оцінюється за допомогою декількох індексів, таких як індекс забруднення, індекс оцінки важких металів, і виявився вигідним у розрізненні геогенних та антропогенних джерел

забруднення та якісній оцінці забруднення (Barbieri, 2016). Крім того, двовимірна (кореляційний аналіз) та багатовимірна (аналіз компонентів, неметричне багатовимірне масштабування) була використана для визначення можливих джерел важких металів. Крім того, ця статистика була використана в декількох дослідженнях, щоб вивести взаємозв'язку між металами та фізико-хімічними параметрами в зразках навколишнього середовища (Kumar et al., 2023, Kumar et al., 2020, Proshad et al., 2023).

Оскільки забруднення токсичними елементами є глобальною проблемою, існує кілька досліджень в різних функціональних областях у всьому світі (Kodat and Tere, 2023, Aydın et al., 2023, Hoang et al., 2020).

Важкі метали в поверхневих водах з промислової зони, були оцінені разом з рівнем забруднення та ризиками для здоров'я, що вказує на те, що половина району була забруднена (Saha and Paul, 2019). Забруднення ґрунту шкідливими металами у високоіндустріальному місті Остраві в Чехії з історією довгострокових наслідків металургійної промисловості та гірничодобувної промисловості, що вказувало на високий та помірний рівень забруднення (Weissmannová et al., 2019).

Рівні забруднення металами поверхневих вод, ґрунту та відкладень оцінювалися за допомогою індексу забруднення для окремого металу, середнього індексу забруднення для всіх металів у кожному середовищі та кумулятивного рівня забруднення за допомогою індексу оцінки важких металів.

III використовується для визначення елемента, який найбільше сприяє забрудненню в екологічній матриці та розрахунку P_{average} , важкі метали та індексу екологічного ризику.

Індекс екологічного ризику окремого металу – це множення єдиного індексу забруднення металу та фактора токсичної реакції відповідного металу. Крім того, підсумовування дає потенційний індекс екологічного ризику, що виникає внаслідок присутності металів у кожному середовищі. Індекс екологічного ризику використовується для виявлення найбільш значущих

забруднювачів, що викликають найбільший екологічний ризик, вказує на навколишнє середовище, що найбільше екологічного ризику, спричиненого забруднювачами, що викликають занепокоєння [20].

«Публічне Акціонерне Товариство Інтерпайп НТЗ» викидають ртуть у навколишнє середовище. Ртуть є стійким забруднювачем навколишнього середовища з високою токсичністю, і елементарну газоподібну ртуть можна транспортувати на великі відстані в межах ґрунту та рослин (Fitzgerald et al., 1998; Tchounwou et al., 2003; Huang et al., 2016). З'єднання органомеруті зазвичай мають більш токсичний вплив, ніж відповідні неорганічні форми (Doiová, 2018). Метилування-деметилування, а також процеси окислення-відновлення змінюють видоутворення ртуті, тоді як геохімічні параметри, такі як рН та окисно-відновний потенціал, впливають на її розчинність і отже, на її мобільність у навколишньому середовищі.

Моніторинг атмосферної ртуті часто відображає лише час відбору проб та забруднення точки відбору проб, на що сильно впливають безпосередні метеорологічні умови, не може відображати кумулятивний ефект часу ртуті та обмежується методом відбору проб та вартістю моніторингу.

Довгостроковий безперервний моніторинг декількох точок здійснюється як звичайний забруднювач. Ртуть у ґрунті має процес виходу з більш високою інтенсивністю (Lw et al., 2020; Wang et al., 2011). На моніторинг ртуті сильно впливають природні зміни фонового вмісту ртуті в ґрунті.

Дослідження показали, що викиди ртуті від підприємства не були врегульовані та введені в ґрунтове середовище. Замість цього він зберігається в атмосфері, обмінюється з листям рослин і вдихається в рослинність через листя (Zhao et al., 2015). Газоподібна ртуть є високоефективною формою для рослин (Millhollen et al., 2006). Листя рослин мають сильний ефект збагачення на газоподібну ртуть і можуть безпосередньо поглинатися з атмосфери через дихання продихів (Millhollen et al., 2006).

Крім того, листя також може поглинати ртуть з атмосфери, адсорбуючи газоподібну ртуть або опосередковано опадами (Zhang et al., 2009). Таким

чином, вміст ртуті в листі рослин може відображати ефект накопичення часу ртутного забруднення навколо підприємств з відходів, що містять ртуть. Біологічний моніторинг листя може бути використаний для моніторингу фактичного впливу викидів ртуті від процесу відновлення відходів, що містять ртуть, на екологічне середовище [21].

Ґрунти в міських районах складаються з накопичених матеріалів природного та штучного походження. Накопичення антропогенних матеріалів протягом сотень років на поверхні природного ґрунту утворює специфічні шари.

Зазвичай в профілі міського ґрунту можна спостерігати чітку різницю між природним нав'язаним батьківським матеріалом або штучно відкладеними субстратами антропогенного характеру (Schaetzl, 1998). Наявність дозволяє класифікувати профіль ґрунту як літологічний розрив ґрунту. Літологічний розрив ґрунту – характеризується появою контрастних змін у класах текстури по всьому соліуму або мінералогічному складу окремих горизонтів або шарів різного віку.

Оскільки ґрунти – відкладення є відкритими тілами і можуть накопичувати забруднюючі речовини протягом сотень або тисяч років, їх слід розглядати як природні архіви і можна розглядати як геоархіви. Хлор в міських ґрунтах є «поглиначами» різних забруднювачів (Manta et al., 2002) і, як показали багато досліджень міських районів, вони часто сильно забруднені важкими металами.

Контраст між вмістом важких металів місцевого матеріалу, що депонується *in situ*, і формуючими верхніми шарами ґрунту під впливом людини, характерний для антропогенних літологічних розривів ґрунту. Крім того, профіль Спілки охорони довкілля часто показує відмінності у вмісті важких металів між послідовно накопиченими шарами ґрунту.

Розподіл важких металів може бути дуже корисним у геоархеологічних дослідженнях, надаючи точні дані та виділені часові шкали впливу людини, а також дозволяючи зрозуміти та реконструювати історію поселень [23].

Індекс стійкості ґрунту та індекс забруднення ґрунту були розраховані за допомогою мінімального набору даних та моделі геоаккумуляції відповідно. Після стандартизації за багатокритеріальною кількісною процедурою модифікованого індексу забруднення Немерова була досягнута комплексна оцінка індексу якості ґрунту, який є мінімумом.

Як інтегрований показник загальної потужності, якість ґрунту зазвичай розглядається як функціональна здатність ґрунту для підтримки біологічної продуктивності, збереження якості навколишнього середовища та сприяння здоров'ю рослин, тварин та людей у межах екосистеми (Doran and Parkin, 1994). Численні зусилля були спрямовані на побудову валідованих методів оцінки SQ в останні десятиліття (Khan et al., 2021), серед яких комплексний індекс якості ґрунту широко використовувався завдяки своїй стислості та чутливості (Barman et al., 2021). Індекс якості ґрунту розроблений для синтезу окремих показників ґрунту в спрощеному форматі (Li et al., 2019). Наприклад, дослідники створили метод оцінки за часом та витратами за допомогою аналізу основних компонентів для побудови мінімального набору даних для оцінки родючості ґрунту культивованого шару (Jin et al., 2021a, 2021b). Він спрямований на зменшення надмірності даних та визначення найбільш підходящих показників для оцінки індексу ґрунту (Askari and Holden, 2014).

Родючість ґрунту вважається одним з критичних факторів, пов'язаних з стійкістю ґрунту (Yang and Guo, 2018). Стійкість ґрунту, яка враховує мікроорганізми, незамінна для комплексної оцінки якості ґрунту [24].

1.4 Біота ґрунтів під впливом викидів металургійних підприємств.

Ґрунти утворюють земну поверхню, на якій ми живемо, і є основою для переважної більшості життя на Землі, але вони, можливо, найменш зрозумілі та оцінені з екосистем Землі. Ґрунт вважається одним з найбільш біологічно

багатих середовищ існування на Землі, з більшим біорізноманіттям на одиницю площі, ніж той, що спостерігається над землею, і є центром біологічної взаємодії.

Біота ґрунту має важливе значення для цілого ряду ключових екосистемних процесів, від яких залежать люди, включаючи розкладання, мінералізацію та цикл поживних речовин і ці біоти опосередковують надання екосистемних послуг, таких як придушення хвороб та деградація забруднювачів шляхом біоремедіації, формування ґрунту та інфільтрації води, а також регулювання громади.

Хоча ґрунти можуть здаватися дуже еластичними, їх ефективне функціонування може бути дуже крихким. В даний час ґрунтам та їх біоті загрожує деградація, спричинена глобальними змінами, включаючи землекористування, зміну клімату, хімічне забруднення та вторгнення нових видів, з потенційно поширеним впливом на екосистеми Землі.

Значна частина земної поверхні Землі була перетворена для використання людиною і понад 15% ґрунтів у всьому світі вважаються деградованими, а багато районів сильно постраждали від забруднення.

Понад 40% площі суші Землі класифікується як посушливі та напівпосушливі екосистеми, і цей відсоток збільшується через опустелювання. Крім того, антропогенна діяльність призвела до суттєвих змін потоків азоту та фосфору з входами в біосферу, що збільшуються з 15,3 до 175-259 тераграмів на один рік. Початком двадцять першого століття порівняно з рівнями 1860 року, змінюючи глобальні цикли поживних речовин та викликаючи дисбаланси між С, N та P [25].

Дослідження здоров'я ґрунту, як правило, упереджені до акценту на біології - мікробіології. Здоров'я ґрунту - це стійка здатність ґрунту функціонувати як життєво важлива жива система, визнаючи, що ґрунт містить біологічні елементи, які є ключовими для функціонування екосистеми в межах землекористування та кордонів екосистеми. Інтуїтивно, що нездоровий ґрунт

не може підтримувати здорову екосистему ні над землею, ні під землею: вони нерозривно пов'язані [26].

Однією з проблем, що перешкоджають прогресу в моделюванні викидів парникових газів з ґрунтів, є відсутність координації між моделями, що походять з різних дисциплін: фізики ґрунтів та біології ґрунтів.

Відносний внесок трьох основних парникових газів: CO₂, CH₄ та N₂O у загальний глобальний радіаційний фон становить 63,5%, 18,1% та 6,2% відповідно (WMO, 2010). Щорічний індекс парникових газів показує, що з 1990 по 2009 рік радіаційний вплив усіх довгоживучих парникових газів збільшився на 27,5%, при цьому на CO₂ припадає майже 80% цього збільшення.

Ґрунти є одним з основних джерел парникових газів, що сприяють як антропогенним викидам через зміну землекористування та управління сільськогосподарським господарством до 22,5% всіх антропогенних джерел, так і викидам природних наземних екосистем. Тому управління ґрунтом, спрямоване на секвестрацію та мінімізацію викидів парникових газів, є відповідним варіантом для зменшення або пом'якшення негативних антропогенних ефектів, що спричиняють збільшення концентрацій парникових газів в атмосфері [27].

В даний час існує великий інтерес до біології ґрунту, стимульований підвищеною турботою про збереження природних ресурсів не тільки в сільському господарстві, але і в природних екосистемах. Останні розробки в галузі молекулярної біології збільшили можливості маніпулювання ґрунтовими організмами та процесами, які вони здійснюють, для поліпшення виробництва продуктів харчування та якості навколишнього середовища. Але важливі екологічні питання, пов'язані із застосуванням цієї нової біотехнології до ґрунтів, ще належить вирішити. Такі питання, як доцільність використання генетично-інженерних мікроорганізмів у ґрунті, можна розумно обговорювати лише у світлі розуміння природних організмів у ґрунті.

Хоча на глобальному рівні виробництво продуктів харчування продовжує зростати, нинішні відносини людини з ґрунтом у багатьох частинах світу характеризуються зменшенням родючості ґрунту та збільшенням тиску населення [28].

Стає все більш очевидним, що збільшення різноманітності надземних рослин підвищує тимчасову стабільність продуктивності рослинної спільноти за допомогою ефекту біорізноманіття. Однак ми мало знаємо про те, чи впливає підземна ґрунтова біота на стабільність екосистеми і як.

Поточні дослідження показують, що конкретні групи ґрунтової біоти та різноманітність ґрунтових спільнот біоти в цілому відіграють важливу роль у посередництві атрибутів рослинної спільноти, включаючи різноманітність рослин, продуктивність, склад громади та взаємодію між рослинами, а також регулювання толерантності рослин до стресових факторів [29].

Більшість важких металів природним чином зустрічаються в ґрунтах як рідкісні елементи; їх присутність у відносно високих концентраціях обмежується в першу чергу певними мінералами. Вони зустрічаються головним чином у формах, які недоступні для живих організмів. Живі клітини вимагають деяких з цих елементів у слідових кількостях для нормального метаболізму, але можуть бути чутливими до більш високих концентрацій. В даний час кілька важких металів виділяються у великих кількостях в результаті людської діяльності. Їх раптовий викид, часто в біологічно доступній формі, може пошкодити або змінити як природні, так і штучні екосистеми і може зашкодити здоров'ю людини. У цьому розділі викладені основні взаємодії між важкими металами та біологічними та біохімічними процесами ґрунту. Наголошуються взаємодії екологічного значення, наприклад, мікробна деградація органічної речовини, мінералізація азоту і фосфору, активація металів та інактивація ферментних систем та механізми адаптації [30].

Хоча деякі важкі метали є необхідними мікроелементами, більшість з них можуть бути токсичними для всіх форм життя у високих концентраціях

через утворення складних сполук всередині клітини. На відміну від органічних забруднювачів, важкі метали, колись введені в навколишнє середовище, не можуть бути біодеологічно розкладаються. Вони зберігаються нескінченно і викликають забруднення повітря, води та ґрунтів.

Таким чином, основними стратегіями контролю забруднення є зниження біодоступності, мобільності та токсичності металів. Методи відновлення забруднених важкими металевими іонами середовищ включають фізичне видалення, детоксикацію, біовилугування та фіторемедіацію. Оскільки важкі забруднювачі все частіше зустрічаються в мікробних середовищах проживання через природні та промислові процеси, мікроорганізми розвинули кілька механізмів, щоб терпіти їх присутність шляхом адсорбції, комплексування або хімічного відновлення іонів металів або використовувати їх як термінальні акцептори електронів в анаеробному диханні. У токсичних металах зменшення забруднення, мікробні датчики та перетворення стають все більш зосередженими через високу ефективність та економічну ефективність [32].

Ґрунти, звичайно, не є статичними субстратами; це динамічні біологічні системи, які підтримують життя мікробів, рослин і тварин. Незліченні події, які відбулися в останні роки в області, охопленій цією книгою, роблять повний огляд неможливим в рамках одного тому. Деякі з більш детальних пунктів були опущені для стислості; проте, там, де існують конфлікти, представлені контрастні точки зору.

Час може змінити ці погляди, але сама природа науки полягає в тому, щоб бути в постійному стані потоку і щоб помилки одного покоління були змінені наступним. Людська діяльність різко змінила склад та організацію ґрунту на Землі.

Промислові та міські відходи, зокрема неконтрольована утилізація відходів та застосування різних речовин до сільськогосподарських ґрунтів, призвели до забруднення нашої екосистеми. Іншим часто цитованим прикладом є гірничодобувна діяльність, яка призвела до відкладення незвично

високих концентрацій важких металів на поверхні ґрунту. Мікроорганізми рослин і ґрунту повинні справлятися з отриманим підвищеним рівнем важких металів у ґрунті, і тому вони розробили складні методи виживання та співіснування в таких середовищах [31].

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт та місце проведення досліджень

Дослідження проводилися на території поблизу Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп». Завод розташований за адресою: вулиця Каштанова, 35, Дніпро, Дніпропетровська область, 49000. Завод розташований на лівому березі у північній частині міста Дніпро і Індустріальному районі. На рисунку 2.1 зображено територію Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп».

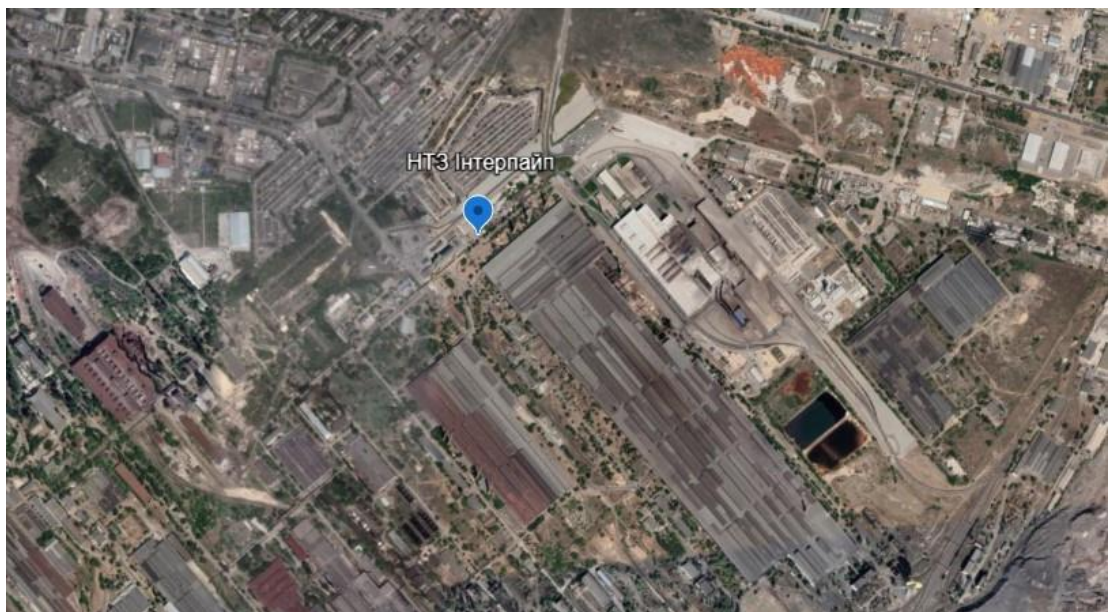


Рисунок 2.1 – Територія Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп».

Заснований завод був у 1991 році у місті Дніпро. Початково завод називався «Дніпропетровський трубний завод» і спеціалізувався на

виробництві трубопровідної арматури та комплектуючих до неї. У 1994 році підприємство змінило назву на «Інтерпайп Дніпро» і розширило свою діяльність на виробництво сталевих труб різних типів і розмірів.

Нижньодніпровський трубопрокатний завод «Інтерпайп» є одним з провідних виробників сталевих труб і трубних систем. Він спеціалізується на виготовленні широкого спектру сталевих труб для різних галузей промисловості. В процесі своєї діяльності НТЗ «Інтерпайп» проявляє техногенний вплив на навколишнє середовище, в тому числі і на ґрунтові екосистеми, що призводить до змін мікробологічної активності в ґрунті [30].

2.2 Ґрунтові умови району досліджень

Досліджувані ділянки поблизу НТЗ «Інтерпайп» мають чорноземні та лесоподібні суглинкові ґрунти. Чорноземи є одними з найбільш плідних та родючих ґрунтів, які характеризуються високим вмістом органічної речовини та добре сформованою горизонтальною структурою. Вони виникають у помірному кліматі з періодами вологих зим та сухих літ, і мають темний або чорний колір, що свідчить про високий вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту [31].

Чорноземи характеризуються верхнім горизонтом, який містить значний вміст органічних решток, таких як рослинні залишки та дрібні живі організми, що сприяють їхньому розкладанню та підвищенню плодючості. Нижче розташований горизонт, що містить карбонатні відкладення, які можуть надавати ґрунтам лужність та регулювати їхню кислотність.

Фізичні властивості чорноземів включають розвинену структуру, що сприяє глибокому проникненню коренів рослин та забезпечує ефективну вентиляцію та водопроникність. Хімічний склад характеризується високим вмістом поживних речовин, таких як азот, фосфор та калій, що робить

чорноземи відмінними для сільського господарства та інших видів землекористування.

Характерними ознаками цих ґрунтів є наявність у нижній частині профілю (у горизонтах Phk і Pк) осадження карбонатів у формі білозірок, що виявляються на глибині 4 метрів у північній частині підзони, тоді як у південній частині ці осадження зустрічаються на глибині 2—2,5 метрів, а ще глибше - зустрічаються інші водорозчинні солі, характеризуються розсіяністю структури в одному шарі. Горизонти з білозірками мають згущену структуру. У межах перехідних горизонтів також можна спостерігати карбонатний псевдоміцелій, рідше - прожилки. Реакція на HCl виявляється з нижньої частини гумусового горизонту (Нк) або з верхнього перехідного (НРк) [32].

Лесоподібні суглинки є одними з основних типів ґрунтів, що відзначаються унікальними фізичними, хімічними та біологічними властивостями. Вони формуються в результаті діяльності рослинного покриву, який впливає на структуру та хімічний склад ґрунтів.

Лесоподібні суглинки мають темний колір, який походить від високого вмісту органічної речовини, що активно накопичується в верхньому шарі ґрунту. Ця органічна речовина виникає в результаті розкладання лісової рослинності та органічних решток.

Фізичні властивості лесоподібних суглинків включають добре сформовану структуру, яка сприяє горизонтальному розподілу коренів рослин та підвищує водопроникність та повітропроникність ґрунту.

Хімічний склад лесоподібних суглинків характеризується високим вмістом органічної речовини, а також поживних речовин, таких як азот, фосфор та калій, що робить їх дуже родючими.

Біологічні властивості лесоподібних суглинків залежать від біорізноманіття та активності мікроорганізмів, які розкладають органічну речовину та утворюють ґрунтову біоту. Ця біота відіграє ключову роль у розкладанні органічних решток та підтриманні плодючості ґрунту.

Профіль лесоподібного суглинка відображає характеристики цього типу ґрунту на різних глибинах. Верхній шар, або прошарок гумусу, має темний колір і високий вміст органічної речовини, отриманий від розкладу рослинних залишків. Суглинковий шар, або прошарок суглинка, характеризується доброю структурою та водопроникністю. Глибше можуть виявлятися карбонатні відкладення або інші водорозчинні солі. У глибоких шарах зазвичай розташовано підґрунт або породу, яка також впливає на характеристики ґрунту. Цей профіль може варіюватися залежно від різних факторів, таких як клімат, геологія та біологічні процеси [33].

Чорноземи та лесоподібні суглинки по-різному реагують на техногенне навантаження, яке включає вплив промислових викидів, сільськогосподарської діяльності, будівництва та інших антропогенних факторів. Чорноземи можуть втрачати свою структуру, що призводить до ущільнення ґрунту, зниження водопроникності та аерації, ускладнюючи ріст кореневої системи рослин. Промислові викиди спричиняють накопичення важких металів, пестицидів та інших забруднювачів у чорноземах, що знижує їх родючість і може накопичувати токсичні речовини в харчових ланцюгах. Надмірний техногенний вплив також призводить до деградації ґрунту, зменшуючи вміст органічної речовини та порушуючи баланс поживних речовин. Інтенсифікація промислової діяльності та будівництва сприяє ерозії, що призводить до втрати верхнього родючого шару чорнозему [34].

Лесоподібні суглинки також реагують на техногенне навантаження, яке призводить до ущільнення ґрунту, зниження водопроникних властивостей та аерації. Промислові та сільськогосподарські викиди спричиняють накопичення важких металів, пестицидів та інших токсичних речовин, що знижує родючість та впливає на екологічну безпеку. Надмірне зрошення та використання мінеральних добрив можуть призводити до засолення лесоподібних суглинків, що ускладнює ріст рослин та знижує продуктивність ґрунту. Інтенсифікація землеробства та будівництва сприяє ерозійним

процесам, що призводить до втрати родючого шару ґрунту та деградації його фізико-хімічних властивостей [6].

Чорноземи, і лесоподібні суглинки є вразливими до техногенного навантаження, що призводить до деградації їх фізичних, хімічних та біологічних властивостей. Для збереження родючості цих ґрунтів необхідно впроваджувати ефективні заходи моніторингових досліджень щодо зменшення негативного впливу антропогенних факторів та відновлення природного стану ґрунтів.

2.3 Методи досліджень

Зразки ґрунту для проведення досліджень поблизу території НТЗ «Інтерпайп» були зібрані згідно із загальноприйнятими методами. Процедура відбору проб проводилася відповідно до стандарту ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту» [35]. Відстань між точками збору коливалася від 150 до 200 метрів, а відстань між основними точками.

Відбір ґрунтових зразків проводили на ділянках площею 100-200м, відсипані лесоподібним суглинком шаром 50-60 см нанесеним на суміш технічних скріз-порід, а також чорноземною масою, що складається з гумусового та гумусово перехідного горизонтів зонального ґрунту. Відбір проводили по 10 зразків масою 100-200 з кожного варіанту ґрунту. Зразки відбирали у стерильні пакети.

При дослідженні горизонтів ґрунтів 0-20 см, відбір проводили з ґрунтового розрізу, виритого безпосередньо перед відбором. Ґрунт відбирали у зразки по всій товщі горизонту за допомогою стерильного ножа та лопатки поблизу полум'я смолоскипа. Перед проведенням дослідження з ґрунтових зразків видаляли тверді включення, коріння рослин; зразок усереднювали шляхом ретельного перемішування. Подальшому аналізу піддавали середню пробу [36].

Лабораторну роботу було виконано на базі мікробіологічної лабораторії кафедри мікробіології Дніпровського національного університету.

Об'єктом дослідження служили чисті культури бактерій вільноживучих азотфіксаторів сімейства *Azotobacter* виділені з ґрунтів міських екосистем та поблизу виробничої зони НТЗ «Інтерпайп».

Для врахування чисельності та виділення застосовували метод розкладання ґрунтових грудочок на поверхню агаризованого середовища Ешбі. Для виділення чистих культур проводили культивування на спеціальному середовищі з використанням бензойнокислого натрію як єдиного джерела вуглецю в концентрації 0,2%. Морфологічні та культуральні особливості вивчали на середовищах Ешбі з різними джерелами вуглецю у вигляді моносахаридів, полісахаридів, багатоатомних спиртів, натрієвих та калієвих солей, органічних кислот, на рідкому середовищі Ешбі, Ешбі желатину, м'ясо-пептонному агарі, м'ясо-пептонний бульйон, картоплю, молоко. Морфологію клітин вивчали в динаміці розвитку культур у забарвлених фуксином мазках у препаратах живих клітин, методами світлопольної та темнопольної мікроскопії, розміри клітин визначали за допомогою окулярів мікрометра. Культури ідентифікували за визначниками Красильникова та Бергі [38]. Токсичний вплив підвищених концентрацій мікроелементів на зростання та розвиток культур визначали методом дифузії в агаррозчинах мікроелементах. Вивчення їх впливу на приріст біомаси проводили при культивуванні на рідких середовищах з різними концентраціями мікроелементів шляхом вимірювання оптичної густини клітинної суспензії зростаючих культур.

Виділення та кількісний облік азотфіксаторів проводили методом ґрунтових грудочок: 100мг ґрунту середньої проби зволожували до пастоподібного стану за допомогою мікробіологічної петлі, розкладали у вигляді грудочок на чашки Петрі, заповнені агаризованим середовищем Ешбі. На кожну чашку поміщали по 50 грудочок. Чашки інкубували в термостаті при температурі 28°C. На 6-ту 10-ту добу враховували відсоток грудочок

навколо яких утворювалися характерні слизові колонії. Проблеми виділення пов'язані з тим, що дуже маленькі паличкоподібні бактерії прилипають до слизової капсули азотобактера та інших азотфіксаторів. Супутні мікроорганізми неможливо виділити звичайними методами розведення та підсівання в товщу середовища. Як один з кращих способів застосовували метод культивування на живильному середовищі, що містить бензойнокислий натрій як єдине джерело вуглецю в концентраціях 0,15-0,20%. Значна частина бактерій сімейства *Azotobacter* здатна використовувати бензойнокислий натрій у той час як супутні бактерії його не засвоюють [39].

Після виділення проводили вивчення морфологічних та цитологічних особливостей виділених культур. Розміри клітин вимірювали за допомогою окулярного мікрометра, поміщеного на діафрагму окуляра під верхню лінзу. Культури для цього вирощували на рідкому середовищі Ешбі і проводили вимірювання на 3-ту, 5-ту, 10-ту, 15-ту добу культивування. Після однієї доби культивування культур на Ешбі-агарі проводили забарвлення по Граму. Здатність до утворення капсульного слизу виявляли методом негативного контрастування за допомогою чорної туші. Для цього невелику кількість клітин змішували з краплею туші на предметному склі злегка розмішували, після чого краєм покривного скла, тримаючи його під кутом 45^о, розмазували. Мазок закривали покривним склом та мікроскопували з використанням масляної імерсійної системи. Капсули видно у вигляді світлого ореолу навколо клітини на темному тлі препарату [39].

Для спостереження за рухливістю клітин готували препарат «висяча крапля». На середині чистого покривного скла наносили краплю досліджуваної бактеріальної суспензії. Краплю матеріалу покривали предметним склом із заглибленням у центрі, потім препарат швидко перевертали та мікроскопували за допомогою фазово-контрастного пристрою.

Для фарбування джутиків використовували спосіб забарвлення методом Рижкової, основний принцип методу протруювання джутиків перед забарвленням таніном, щоб зробити їх товстішими. Культури готували за 3-ту,

4-у добу, робили щоденні пересіви в конденсаційну воду свіжого посіву з Ешбі агаром, останній посів виробляли в пробірку о стерильною водопровідною водою. З цієї пробірки готували препарати на сухе знежирене предметне скло, забираючи матеріал із самої поверхні. Мазки підсушували, заливали протравленням, підігрівали в полум'ї пальника 3-5 хвилин; потім протраву зливали і занурювали мазки розчин фуксину на 5 або 10 хвилин. Після промивання препарати мікроскопували звичайним способом використанням масляної імерсійної системи Для визначення клітинних включень вуглеводної природи використовували спеціальні методи фарбування [41].

Гранули крохмалоподібних речовин гранульози і гранули глікогенподібних полісахаридів виявляли шляхом фарбування звичайних мазків розчином Логоля, при цьому гранульозу забарвлюється в синій, а глікоген в червоний колір. Для визначення клітинних включень поліфосфатної 53 природи (волютину) використовують здатність поганий розчинності у розчинах кислот. В цьому випадку нафіксований у полум'ї мазок наливали карболовий фуксин і фарбували 30 секунд, промивали препарат водою і знебарвлювали 10-м розчином NaSO_4 протягом 20-30 сек. Потім зливали кислоту, препарат промивали водою і додатково фарбували 20-30 секунд метиленовим синім (1:40). При мікроскопуванні з імерсійною системою гранули волютину мають червоний колір на фоні синьої цитоплазми.

Для вивчення культуральних ознак використовували одиночні колонії на Ешбі агарі. Мікроскопію проводили за допомогою бінокулярної лупи освітлювачами та змінними світлофільтрами. Вивчення особливості зростання та розвитку проводили в молодих культурах на другу, третю та п'яту добу; у старих культурах на сьому та десяту добу. Вивчення культуральних ознак проводили як на класичних середовищах Ешбі, так і на середовищі з картопляних скибочок. Використання картопляного середовища дозволяє найкраще спостереження за утворенням та виділенням пігментів азотфіксаторів.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Виділення культур мікроорганізмів

Активне антропогенне навантаження та ігнорування значимості природних процесів можуть призводити до ефекту деградації ґрунтів та виникнення ряду серйозних екологічних проблем. Серед цих проблем важливе місце займає стан угруповань мікроорганізмів в ґрунті.

Мікробна біомаса представляє собою значущий, живий та легко змінюваний компонент органічних речовин ґрунту, виступаючи природним індикатором мікробного потенціалу цього середовища. Використання цього показника широко розповсюджене для оцінки стану мікробіоценозу, дозволяючи визначити його активність та здатність до розкладання органічних сполук [41].

Опираючись на різноманіття мікроорганізмів, що знаходяться в ґрунтах, можна зробити висновки щодо їх пригніченості, викликані технологічними процесами, що є важливим дослідженням в напрямку моніторингу урбоекосистем.

Усім організмам для нормальної життєдіяльності необхідно у дуже малій кількості марганець, залізо, кобальт, молібден, ванадій, мідь, цинк та інші важкі метали у певних поєднаннях. Розглядаючи специфічні функції мікроелементів у життєдіяльності мікроорганізмів загалом, необхідно зазначити, що вони підводять до складу багатьох ферментів, що беруть участь у процесах метаболізму. Названі елементи мають високу каталітичну активність у процесах внутрішньоклітинного обміну. Їхня каталітична

активність зростає в тисячі разів у тих випадках, коли іони металів з'єднуються з молекулами органічних речовин і утворюють так звані органомінеральні комплекси [42].

Як і інші елементи мінерального живлення, цинк відіграє у біохімічній діяльності мікроорганізмів. Відомо, що іони цинку впливають на вуглеводний, азотний та фосфорний обмін, беруть участь в окисно-відновних процесах. Вони беруть участь у побудові деяких ферментів.

Іони цинку відіграють каталітичну роль в РНК – полімеразах мікроорганізмів, через це при нестачі іонів цинку в середовищі відбуваються безпосередні зміни інформаційної РНК при синтезі білків, в тому числі і ферментних систем, а це у свою чергу призводить до пригнічення росту.

Вплив іонів цинку на життєдіяльність азотфіксуючих мікроорганізмів мало вивчений, проте встановлена здатність цинку знижувати токсичність міді при підвищеній її концентрації в середовищі [43].

Дію мікроелементів не можна назвати однорідною. Велика кількість мікроорганізмів позитивно реагують на введення цинку в поєднанні з іншими іонами важких металів.

Мідь є необхідним інструментом для нормального зростання та розвитку мікроорганізмів. У поєднанні зі специфічними білками вона утворює ряд ферментних систем, що переносять електрони від субстратів до кисню.

Оптимум концентрації міді залежить від реакції живильного середовища. У живильному середовищі зі слабокислою реакцією поглинання іонів міді нижче, ніж у нейтральному середовищі. Для засвоєння міді мікроорганізмами важливе значення має її співвідношення із залізом.

Дослідження ролі мікроелементів в життєдіяльності мікроорганізмів показало, що такі необхідні елементи як цинку і мідь можуть не тільки посилювати, але і пригнічувати її активність [44].

Вивчення процесів пригнічення росту, виявлення концентрацій і умов які пригнічують розвиток мікроорганізмів є пріоритетними в умовах техногенних забруднень.

На рисунку 3.1 зображено місця відбору зразків ґрунту для досліджень екологічних наслідків виробничої діяльності Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп» .

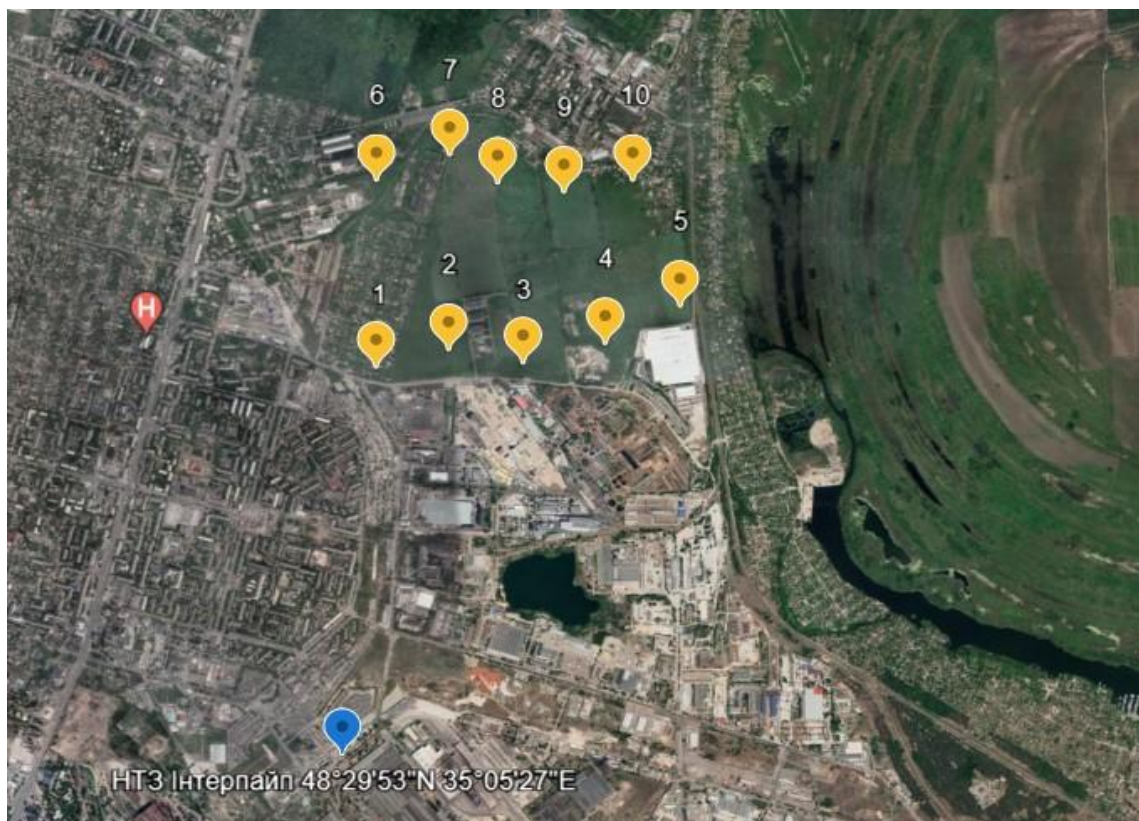


Рисунок 3.1 – Точки відбору зразків ґрунту для досліджень екологічних наслідків виробничої діяльності Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп».

Для проведення дослідження зразків ґрунту було обрано території, що знаходяться неподалік Нижньодніпровським трубопрокатного заводу «Інтерпайп». Завод має значну площу, що дозволяє здійснити якісний аналіз. Для ефективного моніторингу ґрунтів важливо обирати ділянки, що знаходяться близько одна від одної, оскільки це забезпечує можливість контролювати вплив зовнішніх факторів. Такий підхід дозволяє отримати більш точне порівняння мікробіологічної активності та складу мікробного співтовариства між досліджуваними об'єктами. Відстань між ними зменшує

ймовірність значних варіацій у чинниках, які впливають на результати дослідження, таких як кліматичні умови, склад ґрунту та рослинний покрив. Цей підхід допомагає виокремити біологічні відмінності в азотфіксуючих мікроорганізмів на досліджуваних зразках ґрунту, що є критичним для отримання достовірних та репрезентативних результатів у межах моніторингу ґрунтів.

Азотфіксуючі мікроорганізми були виділені з ґрунту на дослідних ділянках поблизу Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп» умовно названа промисловою зоною та поблизу житлових будинків у Індустріальному районі міста Дніпро, умовно названа далі зона житлової забудови.

Виділення проводили методом розкладання ґрунтових грудочок на поверхню агаризованого середовища Ешбі. В таблиці 3.1 відображені результати підрахунку відсотків оброслих грудочок, характерними слизовими колоніями азотфіксуючих бактерій.

Таблиця 3.1 – Чисельність аеробних азотфіксуючих мікроорганізмів

Варіант ґрунту	Кількість оброслих грудочок у %										Загальний %
Житлова забудова	93	86	89	87	90	95	91	81	89	95	80,6
Промислова зона	66	80	70	71	73	80	62	74	69	67	71,2

Нижчий показник чисельності азотфіксуючих мікроорганізмів у промисловій зоні можна пояснити впливом кількох абіотичних факторів специфічних для цієї породи: породи мають важкий механічний склад, високу вологість та слабку майже відсутню аерацію.

Перед подальшим вивченням виділених культур проводили мікроскопування мазків у мікроскопі МБР - 10 з окуляром x 15 та об'єктивом x 90 у системі олійної імерсії. Виявили, що культури є змішаними. Поряд із грамнегативними клітинами азотфіксаторів були присутні дрібні грампозитивні вигнуті палички.

Загальновідомо, що слизові капсули азотфіксаторів у природі населені гетеротрофними співіснуючими аеробними азотфіксуючими бактеріями.

У зв'язку з високою частотою даних симбіозів в природних умовах подальше виділення чистих культур звичайними методами не призводять до бажаного результату. Тому для виділення чистих культур проводили посів у товщу середовища Ешбі, яка містила 0,15% бензойнокислого натрію (для культури з чорнозему) і 0,20% (для культури з лесоподібного суглинку) як єдине джерело вуглецю в середовищі.

Бензойнокислий натрій є токсичним для багатьох гетеротрофних мікроорганізмів і запобігає їх росту. Значна частина видів азотфіксуючих бактерій здатна засвоювати цю сполуку як джерело вуглецю. Наведений мікроскопічний аналіз показав чистоту виділених культур.

3.2 Біологічні особливості виділених культур

При вивченні морфологічних ознак виділених культур проводили культивування на агаризованому та рідкому середовищі Ешбі.

Спостереження за рухливістю проводили в препаратах «Зависла крапля» з 3-х добових культур. У процесі мікроскопування було встановлено, що обидві культури мають яскраво виражену рухливість. У міру спостереження з'ясувалося, що клітини культури виділеної з жилової зони втрачають рухливість на 10-12 добу розвитку, на 18-20 утворюються клітинні конгломерати. Культура виділена з промислової зони втрачала здатність до активного руху на 15-18 добу.

Наступним етапом визначення стало з'ясування розмірів клітин культур, що вивчаються в препаратах «розчавлена крапля» за допомогою окуляр-мікрометра, поміщеного під верхню лінзу окуляра мікроскопа з фазово контрастним пристроєм.

Розміри клітин культури, виділеної з зони міської забудови склали 0,8-1,0x2-3 мкм; розміри клітин культури виділеної з околиць заводу становили 0,60,7x1,2 - 1,8 мкм.

Клітини культури, виділеної з житлової зони були розташовані поодиноці, рідше парами у культури, виділеної з поблизу виробництва, в основному поодиноці. Клітини обох культур за Грамом забарвлювалися, негативно.

При подальшому вивченні розвитку культур на рідкому середовищі Ешбі у культури з ґрунтах поблизу житла була відзначена здатність до цистоутворення на 14-15 добу. У культури виділеної з ґрунтів промислової зони стадія спокою не виявлена.

Для більш детального дослідження цитологічних особливостей виділених культур азотфіксаторів проведено дослідження клітинних включень і поверхневих структур за допомогою спеціальних методів окрашування фіксованих препаратів.

У виділених культур була виявлена здатність до інтенсивного утворення капсульного слизу уже на ранніх стадіях розвитку. У обох культур були виявлені джгутики приблизно рівні по довжині клітин.

Для вивчення культуральних особливостей використовували одиничні колонії культур на Ешбі агарі. При мікроскопуванні цих культур за допомогою біокуляної лупи було виявлено особливості росту культури виділеної із урбобіотопів: колонії круглі, слизисті, гладкі з рівним краєм розміром 5-6 ммв діаметрі, напівпрозорі, білі. При старінні спостерігалось зливання колоній в бугристий наліт з хвилястим краєм буро-зеленого кольору.

Особливості росту культури виділеної з промислової зони: колонії слизисті, блискучі, круглі, розмір 2-3 мм в діаметрі. При старінні утворюється слизький наліт зеленуватого кольору.

З метою виявлення сполук вуглецю, необхідних для розвитку культур, використовували 25 різних вуглецевмісних речовин, що належать до класів

моносахаридів, дисахаридів, полісахаридів, багатоатомних спиртів, органічних кислот у формі калієвих і натрієвих солей.

Культура, виділена з ґрунтів урбоекосистем, виявила здатність використовувати такі сполуки: глюкозу, сахарозу, галактозу, лактозу, мальтозу, рамнозу, рафінозу, маніт, сорбіт, бутанол, бензойну, піровиноградну, оцтову, лимонну кислоти. Культура не розвивається на арабінозі, ксилозі, крохмалі, дульциті, етанолі, пропанолі, гліцерині, мурашиній, винній, щавлевій, саліциловій кислотах.

Культура виділена з промислової зони мала здатність використовувати: глюкозу, сахарозу, рафінозу, мальтозу, арабінозу, маніт, сорбіт, рамнозу, бутанол, бензойну, оцтову, лимонну, піровиноградну кислоти. Культура не розвивається на: ксилозі, крохмалі, етанолі, пропанолі, гліцерині, мурашиній, винній, щавлевій, саліциловій кислотах.

В таблиці 3.2 наведено здатність культур використовувати різні вуглецевмісні з'єднання.

Таблиця 3.2 - Здатність культур *Azotobacter* до використання вуглецевмісних сполук

З'єднання	Культура з ґрунту житлової зони	Культура з ґрунтів промислової зони
Глюкоза	+++	+++
Арабіноза	-	++
Галактоза	+++	+++
Лактоза	++	-
Мальтоза	++	-
Сахароза	+++	+++
Рафіноза	+++	-
Рамноза	++	++
Ксилоза	-	-
Маніт	+++	+++

Дульцин	-	-
Сорбіт	+++	+++
Гліцерин	-	-
Крохмаль	-	-
Бутанол	+	++
Пропанол	-	-
Етанол	-	-
Бензойнокислий натрій	++	++
Виннокислий натрій	-	-
Цитрат калію	-	+
Форміат натрію	-	-
Піруват натрію	+	+
Саліцилат натрію	-	-
Оксалат натрію	-	-
Ацетат натрію	+	+

Примітка:

«-» - Відсутність росту

«+», «++» - Слабкий ріст

«+++» - Хороший ріст

Обидві культури здатні використовувати значну частину різних вуглецевмісних з'єднань, що свідчить про наявність потужних ферментних систем, котрі забезпечують вуглецевий обмін.

Ця властивість дозволяє даним мікроорганізмам існувати в умовах низького вмісту традиційних вуглеводних джерел.

Вивчення здатності асимілювати органічні і неорганічні джерела азоту проводили на середовищах, що містять амонійну і нітратну форми азоту, а також ряд органічних з'єднань. Було виявлено, що культура виділена з чорнозему здатна асимілювати нітратну форму азоту, повільно розвиватися на середовищах з додаванням аланіна, гліцина і триптофану. Культурою не

засвоюється: амонійна форма азоту, аспаргін, глутамінова кислота. Також культура не розвивається на м'ясо-пептонному агарі і бульйоні.

Дослідження здатності до асиміляції органічних і неорганічних джерел азоту культурою із лесоподібного суглинка виявило здатність засвоювати амонійну і нітратну форму азоту, аланіну, гліцину, триптофану, глутаманої кислоти. Культурою не засвоюється тільки аспаргін. На м'ясопептонному агарі культура утворює густий білий наліт слизу. На поверхні м'ясопептонного бульйону утворюється тонка напівпрозора плівка.

В таблиці 3.3 наведено здатність культури асимілювати різні форми азоту.

Таблиця 3.3 – Здатність культури асимілювати різні форми азоту

Форми азоту	Культура з ґрунту житлової зони	Культура з ґрунтів промислової зони
Амонійна	-	++
Нітратна	++	+++
Аланін	+	+++
Аспаргін	-	-
Гліцин	++	++
Глутамінова кислота	-	++
Триптофан	+	++
МПА	-	++
МПБ	-	+

Примітка:

«-» - Відсутність розвитку

«+», «++» - Повільний розвиток

«+++» - Високий рівень розвитку

Аналізуючи особливості можна зробити висновок про здатність культури до гетеротрофного живлення культури виділеної із лесоподібного суглинка, що вірогідно дає можливість в природному середовищі існування краще адаптуватися і більш широко розповсюджувати популяції цього виду.

Протолітична активність у культури виділеної із чорнозему була вивчена на середовищі Ешбі. Встановлено що культура здатна до протеолізу желатину.

У співвідношенні до аерації обидві культури є мікроаерофілами. Культура із лесоподібного суглинку виявилась більш витривала до високого осмотичного тиску середовища – розвивалась при концентрації 5% хлориду натрію. Культура із чорнозему при підвищених концентраціях не розвивається.

Температурні межі росту у культури із чорнозему коливаються в межах від 13 до 40°C, при оптимумі 25°C. По відношенню до кислотності середовища дана культура є мезофілом. Температурні межі росту у культури із лесоподібного суглинку коливаються в межах від 8 до 43°C, при оптимумі 24°C. По відношенню до кислотності середовища дана культура є мезофілом.

На основі властивостей досліджених мікроорганізмів культуру із житлової зони було віднесено до роду виду *Arotomanas insolata*, а культуру виділену із ґрунтів навколо підприємства до роду і виду *Azotobacter vinelandii*.

3.3 Дослідження параметрів швидкості росту культур

Важливим етапом в дослідженні культуральних особливостей дослідних культур є параметр росту, оскільки це є важливим критерієм, який визначає життєздатність популяції в природі.

У мікроорганізмів виділених із зразків ґрунту на дослідних ділянках поблизу території Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп» важливою біологічною особливістю є наявність в середовищі концентрацій важких металів. Враховуючи техногенний вплив НТЗ «Інтерпайп» на ґрунтові екосистеми і наявність у ґрунті важких металів необхідно визначити величини концентрацій, які негативно впливають на азотфіксуючі мікроорганізми. Тому

для дослідження в лабораторних умовах було обрано такі основні важкі метали як мідь та цинк, котрі впливають на ферментні зв'язки у клітинах.

На рисунку 3.2 зображено інтенсивність росту культури *Azotobacter vinelandii*, що має довшу латентну фазу, яка складає 96 годин. Логарифмічна фаза росту продовжувалась з 5 по 12 добу.

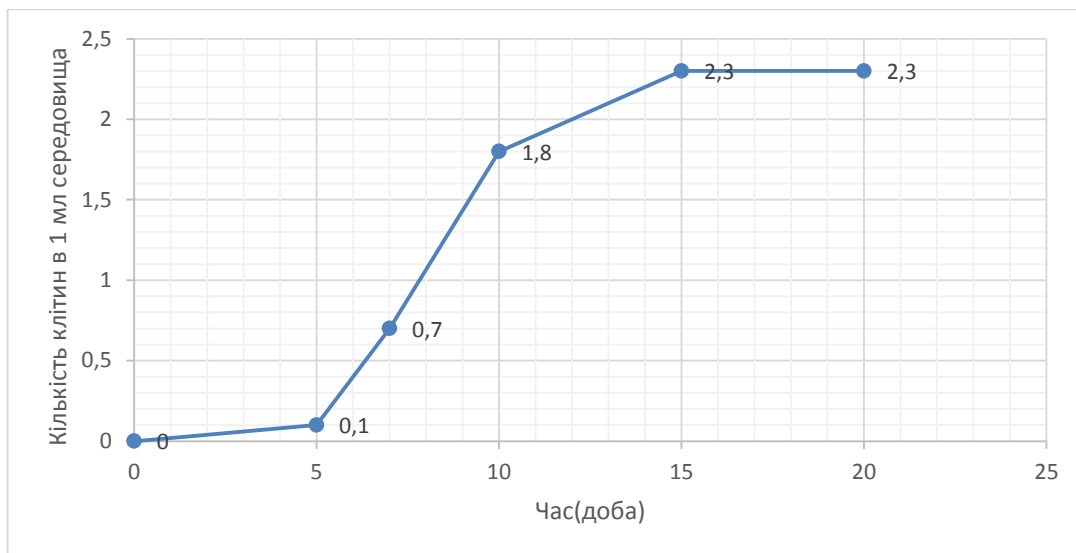


Рисунок 3.2 – Інтенсивність розмноження культури *Azotobacter vinelandii*

На рисунку 3.3 зображено інтенсивність росту культури *Arotomanas insolata*, що має латентну фазу 72 години і логарифмічну с 4 по 10 добу.

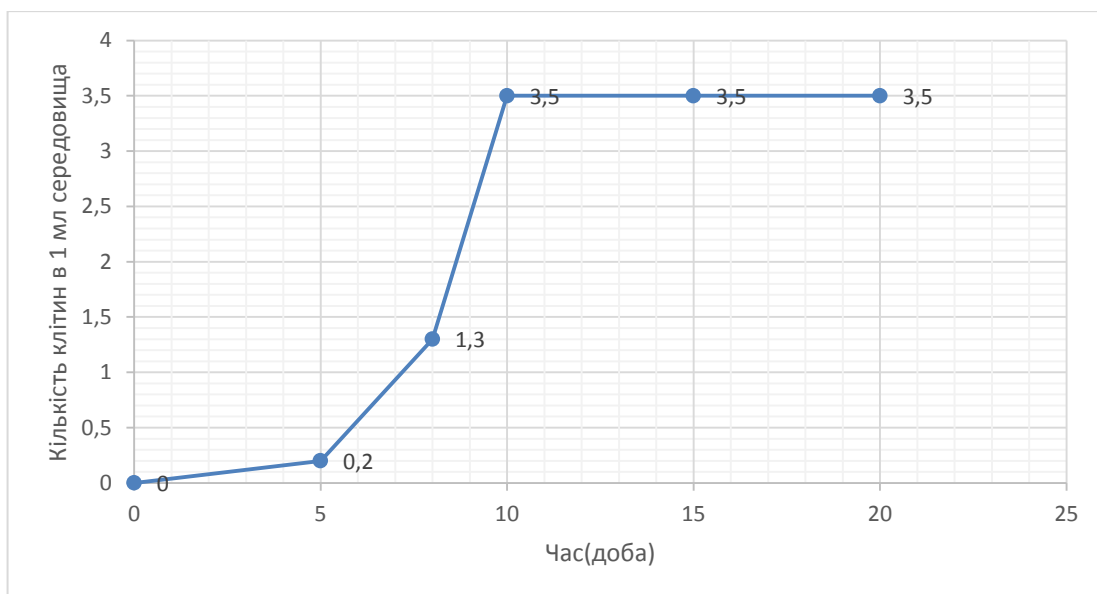


Рисунок 3.3 – Інтенсивність розмноження культури *Arotomanas insolata*

З метою виявити ступінь токсичності різних важких металів для дослідних культур *Azotobacter vinelandii* та *Arotomanas insolata* був проведений модельний дослід з 12-ма різними концентраціями хлоридів міді (Cu) та цинку (Zn) від 10^{-10} до 10 мг в мл середовища. В таблиці 3.4 наведені результати проведення дослідів, які дозволили більш точно диференціювати концентрації порогу токсичності, стійкотоксичні та потенційно летальні. Порогові концентрації викликають пригнічення росту, потенційно летальна концентрація пригнічує ріст на 90%. Стійкотоксична концентрація – середнє значення між пороговою концентрацією і потенційно летальною, пригнічує ріст на 50-60%.

Таблиця 3.4 – Диференціювання концентрацій важких металів міді та цинку в середовищі по токсичності для культур мікроорганізмів роду *Azotobacter*

Концентрація важких металів в середовищі (мг/мл)	Культура	
	<i>Azotobacter vinelandii</i>	<i>Arotomanas insolata</i>
Порогова для міді (Cu)	10^{-8} - 10^{-7}	10^{-7} - 10^{-6}
Порогова для цинку (Zn)	10^{-8} - 10^{-7}	10^{-9} - 10^{-8}
Стійкотоксична для міді (Cu)	10^{-3} - 10^{-2}	10^{-2} -0,1
Стійкотоксична для цинку (Zn)	10^{-2} -0,1	10^{-2} -0,1
Потенційно летальна для міді (Cu)	1-10	1-10
Потенційно летальна для цинку (Zn)	~10	~10

Культура *Azotobacter vinelandii* при концентрації міді 10^{-8} - 10^{-7} і концентрації цинку 10^{-8} - 10^{-7} проявляла помітку затримку росту. Культура *Arotomanas insolata* при концентрації міді 10^{-7} - 10^{-6} і концентрації цинку 10^{-9} - 10^{-8} проявляла помітку затримку росту. Ці концентрації були прийняті як порогові концентрації для культур.

Найбільший інтерес для досліджень становлять стійкотоксичні та потенційно летальні концентрації, оскільки зразки ґрунту взято поблизу Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп». Завод постійно піддається техногенному навантаженню, через що в ґрунтах накопичуються важкі метали. Ці метали надходять у форми, доступні для азотфіксуючих мікроорганізмів, які адаптуються до підвищених концентрацій важких металів.

Культура *Azotobacter vinelandii* при культивуванні в стаціонарних умовах при стійкому токсичному впливі уповільнювала приріст біомаси, латентна фаза подовжувалась майже вдвічі. На рисунку 3.4 зображено інтенсивність приросту біомаси культури *Azotobacter vinelandii* в присутності міді в середовищі.

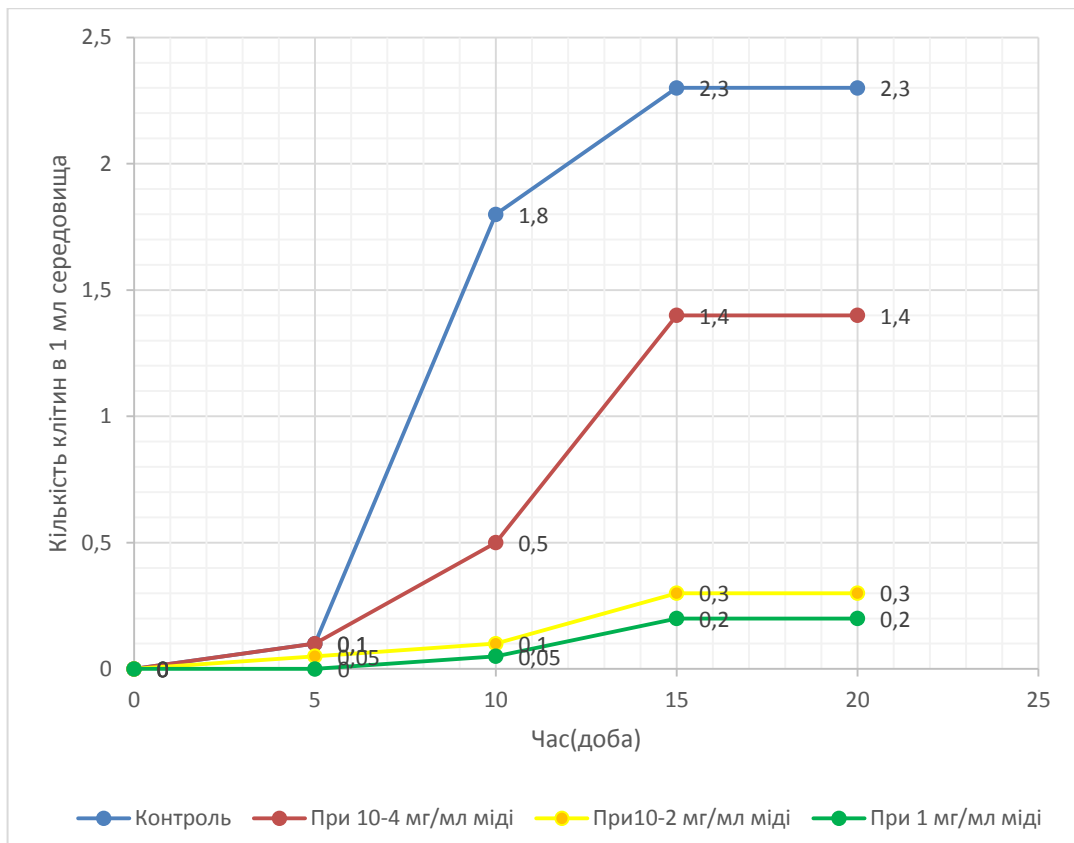


Рисунок 3.4 - Інтенсивність приросту біомаси культури *Azotobacter vinelandii* в присутності міді в середовищі

При концентрації міді 10^{-3} - 10^{-2} приріст біомаси знижувався відповідно в 4-9 разів, по відношенню до контролю, а при потенційній концентрації 1 мг/мл латентна фаза розвитку збільшувалася до 10 діб, приріст біомаси до кінця логарифмічної фази складав $0,2 \times 10^6$ клітин в 1 мл, що в 11 разів нижче контрольного значення.

На рисунку 3.5 зображено інтенсивність приросту біомаси *Azotobacter vinelandii* в присутності цинку в середовищі.

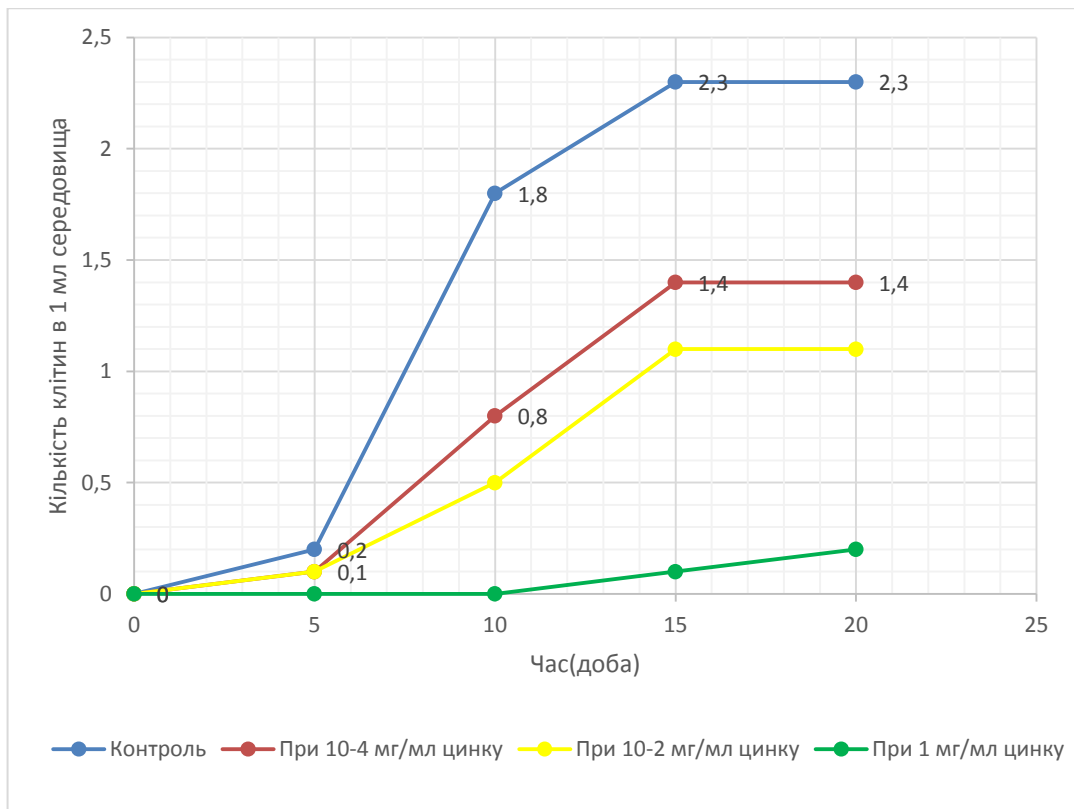


Рисунок 3.5 – Інтенсивність приросту біомаси *Azotobacter vinelandii* в присутності цинку в середовищі

Під впливом підвищених концентрацій цинку (Zn) на культуру *Azotobacter vinelandii* відмічався менш інгібуюча дія в порівнянні з впливом міді, оскільки при стійкій токсичній концентрації 10^{-3} - 10^{-2} кількість клітин знижувалась відповідно в 2,5-2,3 рази. При культивуванні летальної концентрації 1 мг/мл летальна фаза подовжувалась удвічі, а до кінця логарифмічної фази приріст біомаси складав $0,2 \times 10^6$, що в 11,5 разів менше контролю.

Більш стійке відношення до підвищених концентрацій цинку виявили у *Azotobacter vinelandii*, що можна пояснити високим вмістом його в природному середовищі існування мікроорганізмів – лесоподібних суглинках.

При дослідженні впливу важких металів на культуру *Arotomanas insolata* проводили культивування в лабораторних умовах з додаванням різних концентрацій хлоридів міді і цинку. На рисунку 3.6 зображено

інтенсивність приросту біомаси *Arotomanas insolata* в присутності міді в середовищі.

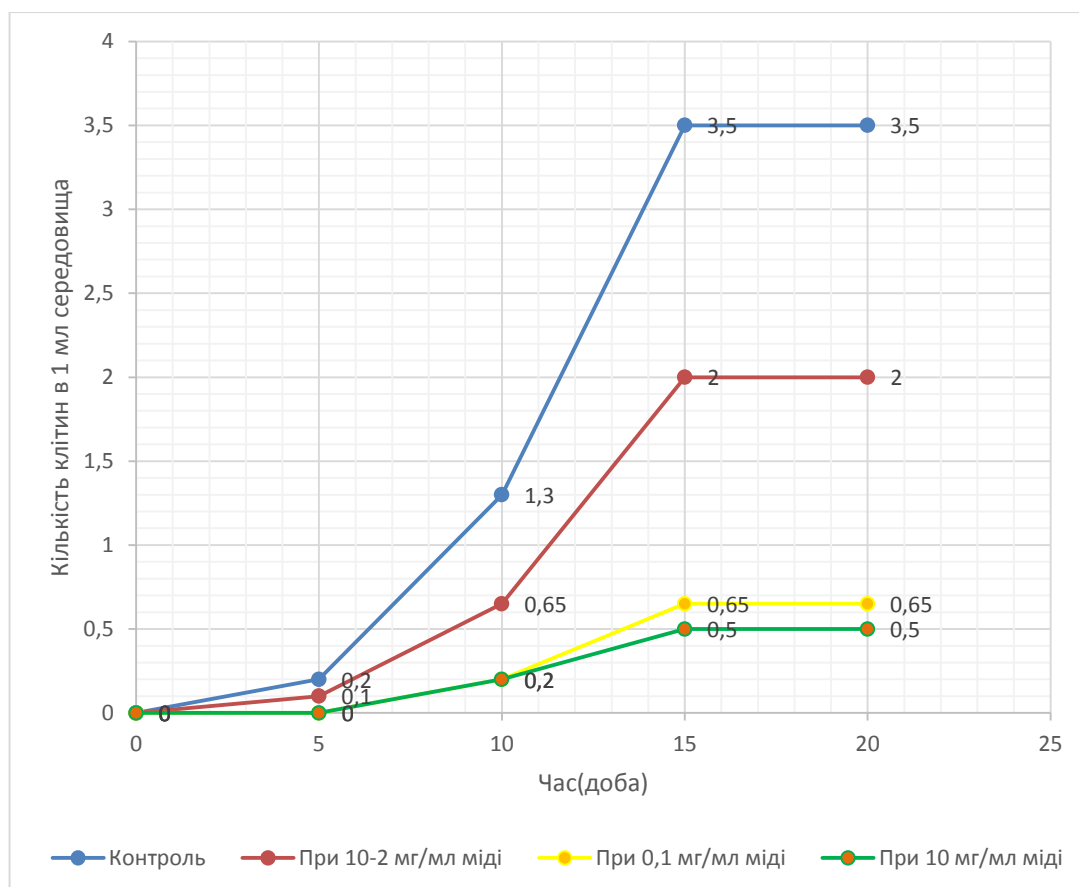


Рисунок 3.6 – Інтенсивність приросту біомаси *Arotomanas insolata* в присутності міді в середовищі

Встановлено, що умовно токсична концентрація міді 10-2 – 0,1 мг/мл знижує ріст біомаси в 2 рази, а потенційно летальна концентрація 0,1-10 уповільнює швидкість розвитку культури в 2 рази, а інтенсивність приросту біомаси в 5-8 разів.

Вплив цинку на культуру *Arotomanas insolata* проявляється в планомірному зменшенні приросту біомаси зі збільшенням концентрації.

На рисунку 3.7 зображено інтенсивність приросту біомаси *Arotomanas insolata* в присутності цинку в середовищі.

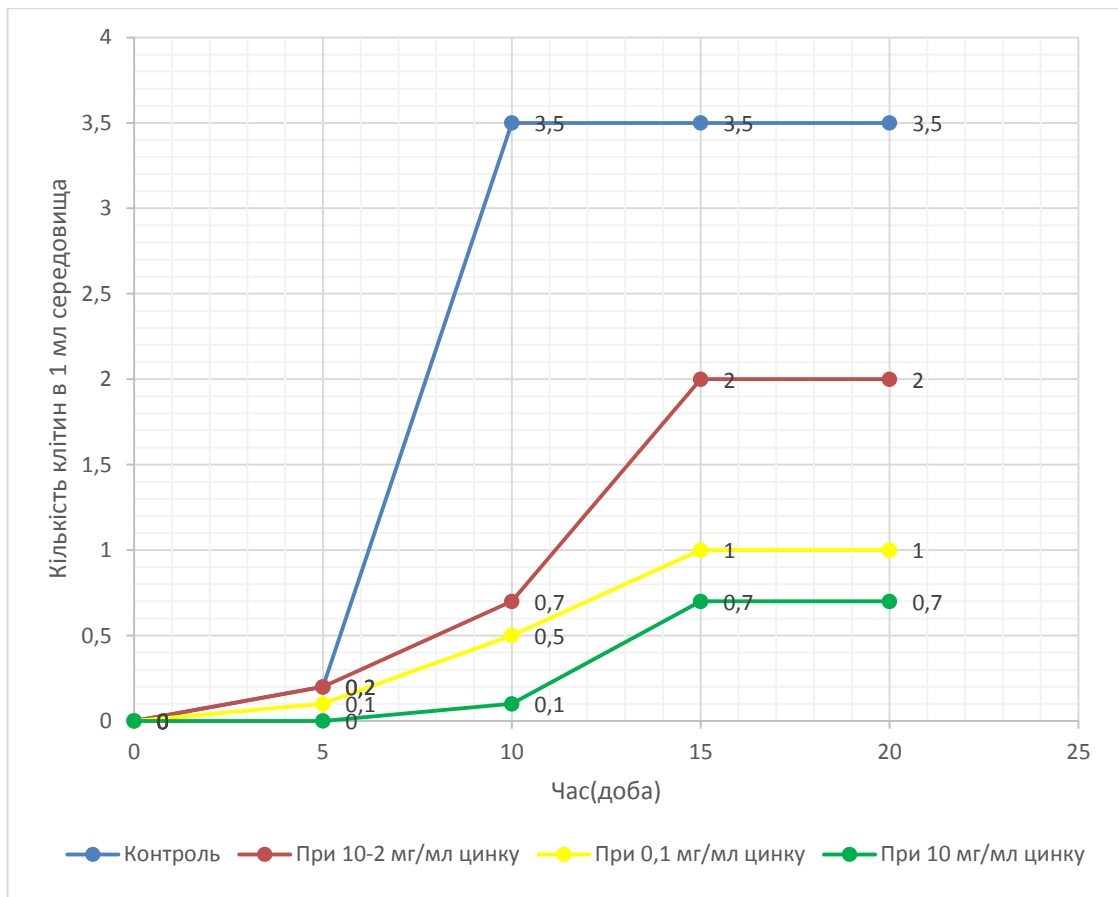


Рисунок 3.7 - Інтенсивність приросту біомаси *Arotomanas insolata* в присутності цинку в середовищі

Проведені дослідження свідчать про наявність широких можливостей мікроорганізмів азотфіксаторів до адаптації до постійного техногенного впливу їхнього середовища існування, зберігаючи при цьому провідну роль в ґрунтових ценозах.

У дослідженнях мікроорганізмів в ґрунті дослідних ділянок було виявлено, що різні штами мікроорганізмів роду *Azotobacter* у ґрунті, реагують на техногенні навантаження по різному, зокрема виявлена витривалість мікроорганізмів до високих концентрацій міді та цинку. Було виділено та проаналізовано чисельність різних мікроорганізмів на 10 дослідних ділянках, розташованих на різних відстанях від промислового заводу. Дослідження показали, що мікроорганізми, знайдені в ґрунтах, що ближче до заводу, є більш витривалими до важких металів і зберігають свої функції навіть в умовах потенційно шкідливих для ґрунтових процесів.

Експерт у сфері агрохімічного сервісу та кандидат сільськогосподарських наук Сергій Адаменко вважає, що в Україні необхідно звернути увагу на важливість мікроелементів у продукційних процесах ґрунтів, оскільки дефіцит мікроелементів може негативно впливати на процеси ґрунтоутворення. Так дефіцит міді може сприяти зменшенню вмісту білків, крохмалю та жирів. За достатньої кількості міді хлорофіл в рослинах стає стійкішим до розкладу, за рахунок чого процеси фотосинтезу продовжуються. Завдяки достатній кількості міді в ґрунтових ценозах культури мікроорганізмів стають стійкішими.

Цинк має важливе значення для мікроорганізмів азотфіксаторів, оскільки він є необхідним мікроелементом для їхньої діяльності. Оптимальний рівень рН для засвоєння цинку становить 6,0-6,5. В умовах техногенного впливу, де азотфіксуючі мікроорганізми адаптуються до високих концентрацій цинку, надлишок цього елемента не становить загрози для ґрунтової екосистеми. Це пояснюється тим, що мікроорганізми можуть розвивати механізми стійкості до підвищених рівнів цинку, продовжуючи ефективно виконувати свої функції у процесах азотфіксації.

Мікроорганізми з зразків ґрунту, відібраних на більшій відстані від заводу на чорноземі, показують меншу витривалість до тих же концентрацій важких металів, що негативно впливає на процеси родючості ґрунту та може мати довгострокові наслідки для агроекосистем.

3.4 Потенційні економічні переваги проведення досліджень в умовах виробничої діяльності заводу

Дослідження азотфіксуючих мікроорганізмів у ґрунтових екосистемах, особливо в умовах техногенного навантаження, мають значний економічний потенціал. Зокрема, вони допомагають вирішувати проблеми, пов'язані з

деградацією ґрунтів, забрудненням важкими металами та підтримкою родючості, що є критичними для сталого розвитку агроєкосистем і економічного зростання.

Азотфіксуючі мікроорганізми відіграють ключову роль у збагаченні ґрунту азотом, що є основним елементом для росту рослин. Умови навколо Нижньодніпровського трубопрокатного заводу характеризуються підвищеними концентраціями важких металів, таких як мідь і цинк. Дослідження показали, що штами мікроорганізмів роду *Azotobacter*, виявлені на територіях поблизу заводу, демонструють високу витривалість до цих металів і продовжують ефективно фіксувати азот навіть в умовах техногенного впливу.

Дослідження показують, що азотфіксуючі мікроорганізми можуть розвивати стійкість до техногенного навантаження, зокрема до високих концентрацій важких металів. Це важливо для підтримки екологічної стійкості ґрунтових екосистем, особливо в урбанізованих та індустріальних зонах. Такі мікроорганізми допомагають зберігати біологічне різноманіття ґрунту та забезпечують стабільність його функціональних процесів.

Застосування технологій, що базуються на використанні азотфіксуючих мікроорганізмів, може стати важливим інструментом для підвищення економічної стабільності регіону. Зниження витрат на добрива, підвищення врожайності та якості продукції, а також підтримка екологічної стійкості сприятимуть розвитку сільського господарства і покращенню умов життя населення.

Відповідно, дослідження азотфіксуючих мікроорганізмів у контексті впливу виробничої діяльності Нижньодніпровського трубопрокатного заводу «Інтерпайп» є важливим кроком до сталого управління ґрунтовими ресурсами та забезпечення економічної ефективності в умовах техногенного навантаження.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи з охорони праці в НТЗ «Інтерпайп»

Охорона праці є важливою складовою будь-якого виробничого процесу, забезпечуючи безпеку і здоров'я працівників. Нижньодніпровський трубопрокатний завод "Інтерпайп" розташований у місті Дніпро та спеціалізується на виробництві сталевих труб. Ця діяльність пов'язана з різними небезпеками, включаючи механічні, хімічні та фізичні фактори, що можуть вплинути на здоров'я працівників.

У сучасних виробничих процесах, пов'язаних з механічною обробкою матеріалів, активно використовуються різноманітні верстати та обладнання, які спричиняють утворення шкідливих викидів в атмосферу. Ці викиди можуть мати негативний вплив як на здоров'я працівників, так і на навколишнє середовище, що вимагає впровадження ефективних заходів контролю та управління [45].

На підприємстві ідентифіковано декілька основних джерел утворення шкідливих викидів. Заточні верстати, наприклад, є джерелами суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. Свердлильні та токарні верстати виділяють емульсію, що складається з води (97.6%), нітриту натрію (0.2%) та інших компонентів, а також суспендовані тверді частинки. Кришні вентилятори та зварювальні апарати спричиняють виділення оксидів азоту (оксид та діоксид азоту), оксиду вуглецю, метану, ртуті та її сполук, фтористих сполук та емульсолу. Печі та інше обладнання додатково виділяють оксиди азоту, оксид вуглецю, бензапірен та інші шкідливі речовини.

Для мінімізації шкідливих викидів на виробництві застосовуються різноманітні заходи. Одним з ключових є використання систем примусової вентиляції та фільтрації повітря, що дозволяє знижувати концентрацію шкідливих речовин у робочій зоні. Регулярний моніторинг повітря забезпечує контроль за рівнями шкідливих викидів та їх відповідність встановленим нормативам.

Крім того, важливим заходом є використання безпечних матеріалів, які мають меншу шкідливість для здоров'я працівників. Навчання та інструктажі працівників з метою підвищення їх обізнаності щодо безпечного поводження з обладнанням та матеріалами також є невід'ємною частиною системи охорони праці. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, такими як маски, рукавички та захисні окуляри, є додатковим заходом, що сприяє зниженню ризиків для здоров'я.

Таким чином, забезпечення ефективного контролю та управління шкідливими викидами є важливим аспектом охорони праці на підприємстві. Використання сучасних технологій вентиляції та фільтрації, регулярний моніторинг повітря, навчання працівників та використання засобів індивідуального захисту сприяють мінімізації впливу шкідливих речовин на здоров'я працівників та навколишнє середовище, забезпечуючи безпечні умови праці та дотримання екологічних стандартів [46].

Для зниження рівня ризиків та забезпечення безпеки працівників, на заводі впроваджуються наступні заходи з охорони праці:

1. Встановлення захисних огорожень на обладнанні, регулярне технічне обслуговування та модернізація обладнання, використання автоматичних систем контролю та сигналізації.
2. Регулярні інструктажі та навчання працівників з питань охорони праці, розробка та впровадження інструкцій і правил безпеки, систематичний моніторинг виконання вимог охорони праці.

3. Забезпечення працівників необхідними засобами захисту, такими як каски, захисні окуляри, рукавиці, спецодяг та засоби захисту органів дихання.
4. Регулярні медичні огляди працівників, забезпечення медичного обслуговування, організація пунктів надання першої допомоги.
5. Психологічні тренінги та консультації для працівників з метою зниження стресу та підвищення психологічної стійкості.

Охорона праці на Нижньодніпровському трубопрокатному заводі "Інтерпайп" є важливим напрямком діяльності, спрямованим на забезпечення безпечних і здорових умов праці. Комплексний підхід, що включає технічні, організаційні, медичні заходи та засоби індивідуального захисту, дозволяє знизити ризики виробничого травматизму та професійних захворювань. Важливою складовою успіху є постійний контроль і моніторинг стану охорони праці, а також відповідальність кожного працівника за власну безпеку та безпеку колег.

4.2 Аналіз виробничого травматизму

За допомогою статистичного методу проаналізовано виробничий травматизм в Нижньодніпровському трубопрокатному заводі «Інтерпайп». Відповідно до цього, маючи чисельність працівників за останні три роки - 5400 людини. В таблицю таблицю 4.1 занесено дані про кількість випадків травматизму в Нижньодніпровському трубопрокатному заводі «Інтерпайп» за 2020-2023 роки.

Таблиця 4.1 – Кількість випадків травматизму в Нижньодніпровському трубопрокатному заводі «Інтерпайп» за 2020-2023 роки

Показники	2020	2021	2023
Кількість працівників, чол.	5400	5400	5400
Кількість нещасних випадків	-	-	-
Кількість днів непрацездатності (Д):	-	-	-
- від травматизму			
- від захворювання			
Втрати, тис. грн:	-	-	-
- від травматизму			
- від захворювання			
Коефіцієнт частоти травматизму	-	-	-
Коефіцієнт важкості травматизму	-	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	-	-	-

У НТЗ «Інтерпайп» встановлені високі стандарти безпеки праці, яких усі працівники дотримуються. Це включає в себе чіткі інструкції, правила та процедури, спрямовані на запобігання травм та нещасних випадків серед працівників.

Оскільки не має зазначень про нещасні випадки протягом декількох років, це означає, що на заводі успішно уникають ситуацій, що можуть призвести до травм або нещасних випадків.

В цілому, висловлення свідчить про те, що в НТЗ «Інтерпайп» приділяється серйозна увага безпеці праці, що призводить до позитивних результатів у забезпеченні безпеки та благополуччя працівників. Оскільки в процесі виробничої діяльності на заводі не відбулося жодних нещасних випадків, можна вважати, що керівництво приділяє достатню увагу питанням охорони праці, і їх діяльність в цьому напрямку є стійкою.

4.3 Охорона праці під час відбору проб

Навіть за відсутності шкідливих речовин у ґрунті, важливо дотримуватися відповідних заходів безпеки під час відбору проб для досліджень. Це забезпечить не лише точність результатів, але й виключить можливість потенційного забруднення чистих проб ґрунту. Основні заходи безпеки включають:

1. Необхідно використовувати відповідне захисне спорядження, таке як рукавички та захисні окуляри, щоб уникнути прямого контакту з ґрунтом та захистити шкіру та очі.

2. Перед відбором проб потрібно переконатися, що усе обладнання було повністю чисте та дезінфіковане. Це запобігає можливим зовнішнім забрудненням та забезпечує цілісність проб.

3. Потрібно враховувати місцеві умови та виявляти можливі ризики, такі як нерівності ґрунту, щоб уникнути травм або нещасних випадків.

4. Суворо дотримуватися протоколів безпеки, розроблених для відбору проб, щоб мінімізувати можливі ризики та забезпечити стабільні умови роботи.

5. Застосовувати правильні техніки відбору проб, щоб уникнути фізичного перенавантаження та забезпечити оптимальні результати.

Навіть за відсутності визначених шкідливих речовин у ґрунті, дотримання цих заходів безпеки є ключовим для успішного та безпечного відбору проб для досліджень.

4.4 Заходи безпеки при роботі в лабораторії

При організації роботи в лабораторії використовують загальноприйняті стандарти безпеки праці, такі як ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці» [47]. Системи управління охороною праці. «Загальні вимоги» (ГОСТ 12.0.230-2007, IDT) [48]. Для специфічної роботи в мікробіологічній лабораторії слід дотримуватись вимог ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги» [49].

ДСТУ 7748:2015 є національним стандартом України, який визначає вимоги до забезпечення безпеки праці в області біологічної безпеки. Основний акцент робиться на лабораторних умовах та роботі з біологічним матеріалом, зокрема в мікробіологічних лабораторіях.

Забезпечення організованого та безпечного робочого простору в лабораторії є критичним аспектом в справі забезпечення безпеки праці. В першу чергу, необхідно враховувати розташування та позначення обладнання та матеріалів в лабораторії. Чітке розташування та позначення сприяють не лише ефективному використанню робочого простору, а й запобігають можливим непорозумінням.

Далі, важливо враховувати виходи та шляхи евакуації. Це включає перевірку та забезпечення вільного доступу до виходів та шляхів евакуації для негайної реакції у випадку надзвичайної ситуації. Крім того, ефективна система вентиляції є ключовою для уникнення накопичення шкідливих речовин чи пилу в приміщенні.

Важливим аспектом організації робочого простору є безпека при використанні електрообладнання. Це включає в себе правила безпеки для правильного підключення та використання електричних приладів. Крім того, необхідно мати належну систему для видалення відходів, включаючи хімічні та біологічні матеріали, з метою уникнення забруднення та забезпечення відповідного оброблення відходів відповідно до стандартів безпеки.

При роботі в лабораторії персонал повинен мати доступ до чітких інструкцій та матеріалів, які надають необхідну інформацію про потенційні ризики та правила безпеки. Проведення регулярних навчань та інструктажів допомагає працівникам розуміти безпекові вимоги та вчить їх правильно взаємодіяти з обладнанням та речовинами.

Забезпечення належної інформації включає в себе оновлення та перегляд інструкцій з безпеки, а також використання засобів перевірки розуміння, таких як тести та обговорення. Моніторинг виконання правил безпеки допомагає переконатися, що працівники дотримуються встановлених процедур та уникнення можливих ризиків. Загалом, ці заходи призначені для забезпечення того, що всі працівники лабораторії мають належні знання та дотримуються правил безпеки, щоб гарантувати ефективну та безпечну роботу.

Система вентиляції у лабораторії є критичним елементом для забезпечення безпеки працівників та уникнення можливих ризиків, пов'язаних з роботою з хімічними речовинами. Розглянемо більш детально, як вона функціонує та чому вона настільки важлива:

1. Провітрювання та обмін повітрям:

- Система вентиляції забезпечує постійний потік свіжого повітря в лабораторію та виведення використаного повітря на зовнішній простір.
- Це дозволяє уникнути накопичення шкідливих випаровувань та парів, що можуть виникати при роботі з хімічними речовинами.

2. Контроль температури та вологості:

- Система вентиляції допомагає підтримувати оптимальні параметри температури та вологості в лабораторії, що важливо для збереження стабільності експериментів та безпеки працівників.

3. Фільтрація повітря:

- Спеціальні фільтри у системі вентиляції можуть затримувати частки пилу, аерозолі та інші частки, які можуть бути шкідливими для здоров'я.

- Це особливо важливо в лабораторіях, де може виникнути випадкове викидання дрібних частинок хімічних речовин.

4. Захист від отруйних речовин:

- Система вентиляції дозволяє відводити та відсмоктати отруйні або неприємні аромати, гази чи пари, що можуть виникати при експериментах з хімічними речовинами.

Використання ефективної системи вентиляції в лабораторії є запорукою того, що працівники працюють у безпечному та здоровому середовищі, а ризики, пов'язані з хімічними речовинами, зменшуються до мінімуму. Це є необхідною складовою частиною стандартів безпеки в лабораторії та важливим фактором у забезпеченні успішних та безпечних експериментів.

Особистий захист у лабораторії є критичним для запобігання потенційним ризикам та збереження здоров'я працівників. Розглянемо більш детально, які елементи особистого захисту використовуються та чому їх правильне використання так важливе:

1. Лабораторні халати:

- Лабораторний халат є необхідним для зменшення контакту одягу працівників з хімічними речовинами чи іншими потенційно небезпечними матеріалами.

- Важливо, щоб халат був замкненим з переду, а рукави мали достатню довжину для захисту шкіри.

2. Окуляри:

- Окуляри або захисні окуляри застосовуються для захисту очей від бризок, крапель та інших потенційно небезпечних частинок.

- Важливо вибрати окуляри, які повністю захищають очі та прилягають до обличчя.

3. Рукавички:

- Використання рукавичок є обов'язковим для уникнення контакту шкіри з хімічними речовинами чи іншими ризикованими матеріалами.

- Рукавички повинні бути вибрані відповідно до характеру роботи та хімічної стійкості.

4. Маски:

- Маски застосовуються для захисту дихальних шляхів від інгаляції шкідливих парів, газів чи пилу.

- Важливо вибирати маски відповідно до виду ризику та забезпечувати їх правильне прилягання.

5. Видалення та обробка особистого захисту:

- Особистий захист, якщо він забруднений чи пошкоджений, повинен бути видалений та оброблений відповідно до встановлених процедур та правил.

- Забруднені рукавички, халати та інший захист повинні бути видалені відразу після використання, а обробка повинна відбуватися відповідно до стандартів безпеки.

Застосування відповідного особистого захисту в лабораторії є ключовим для уникнення травм та захисту здоров'я працівників від можливих ризиків, пов'язаних з роботою в умовах експериментів чи досліджень. Особистий захист має велике значення в створенні безпечного робочого середовища в лабораторії.

ВИСНОВКИ

Дослідження азотфіксуючих мікроорганізмів для виявлення наслідків виробничої діяльності Нижньодніпровського трубопрокатного заводу показує, що в ґрунтах поблизу заводу виявлено різноманітні азотфіксуючі мікроорганізми, серед яких домінують представники роду *Azotobacter*. Встановлено, що ці мікроорганізми мають високий рівень стійкості до техногенних забруднювачів, зокрема важких металів.

Відзначено, що *Azotobacter* та інші азотфіксуючі бактерії продовжують фіксувати азот ефективно навіть за умов підвищених концентрацій важких металів, таких як мідь і цинк. Це свідчить про їхню адаптивність та важливу роль у підтримці азотного балансу ґрунтів в умовах техногенного навантаження.

Виробнича діяльність заводу «Інтерпайп» супроводжується викидами важких металів у навколишнє середовище, що призводить до забруднення ґрунтів. Дослідження показали, що вміст важких металів у ґрунтах поблизу заводу перевищує не впливає негативно на біорізноманіття та функціонування ґрунтових мікроорганізмів.

Виявлено, що мікроорганізми, зокрема азотфіксуючі бактерії, демонструють адаптивні механізми, що дозволяють їм виживати та функціонувати в умовах високого техногенного навантаження. Це включає здатність до гетеротрофного живлення та витривалість до високого осмотичного тиску.

Дослідження показали, що азотфіксуючі мікроорганізми можуть відігравати важливу роль у збереженні екологічної стійкості ґрунтових екосистем в умовах техногенного впливу. Це сприяє підтримці

біорізноманіття та функціональної цілісності ґрунтів, що є критичним для довгострокового сталого розвитку.

Рекомендується продовжити регулярний моніторинг складу та активності ґрунтових мікроорганізмів у зонах техногенного навантаження для виявлення довгострокових тенденцій та розробки ефективних заходів з управління.

На основі виявлених стійких штамів азотфіксуючих мікроорганізмів доцільно розробляти біопрепарати, які можуть бути використані для покращення родючості ґрунтів та зменшення негативного впливу важких металів.

Впровадження результатів досліджень у практику сільськогосподарського виробництва дозволить підвищити ефективність використання природних ресурсів та зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Підсумовуючи, результати досліджень можна зробити висновок про значний потенціал стану ґрунтових екосистем Ці дослідження мають важливе значення для розвитку екологічно сталого аграрного сектору та забезпечення екологічної безпеки регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вплив діяльності металургійних підприємств на навколишнє природне середовище <http://zsfoe.org/?p=3906>
2. Pathways of heavy metals contamination and associated human health risk in River basin <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.103>
3. New approach strategy for heavy metals immobilization and microbiome structure long-term industrially contaminated soils <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136332>
4. Soil contamination with emissions of non-ferrous metallurgical plants <https://link.springer.com/article/10.1134/S1064229311020177>
5. Refocusing on Nonpriority Toxic Metals in the Aquatic Environment in China <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00223>
6. An empirical investigation on the elimination of heavy metals using bioremediation method for selected plant species <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474706524000263>
7. Soil Microbiomes a Promising Strategy for Contaminated Soil Remediation: A Review <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S100201601860061X>
8. A review on the clean-up technologies for heavy metal ions contaminated soil samples <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15472>
9. Heavy metal levels and their ecological risks in surface soils at Sunyani magazine in the bono region of Ghana <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00937>

10. Metallurgy combines both the science and technology of metals and is involved in many facets of our modern society <https://www.angloamerican.com/our-stories/communities/what-is-metallurgy>
11. Theory and Methods of Metallurgical. Process Integration Chapter 3 - Basic Elements of Dynamic Operation of the Steel Manufacturing Process <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809568-3.00013-9>
12. 12. [Theory and Methods of Metallurgical. Chapter 2 - Concept and Theory of Dynamic Operation of the Manufacturing Process](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809568-3.00012-7) <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809568-3.00012-7>
13. Environmental Research. Potential environmental pollution from copper metallurgy and methods of management <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111050>
14. Chemosphere Impact of military metallurgical plant wastes on the population's health risk <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.031>
15. Science of The Total Environment. Tracking unaccounted greenhouse gas emissions due to the war in Ukraine since 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.169879>
16. Journal of Environmental Management. A review of metallurgical slags as catalysts in advanced oxidation processes for removal of refractory organic pollutants in wastewater. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120051>
17. Journal of Environmental Management. Heavy metals and radionuclides in Islamabad's industrial area: A comprehensive analysis of soil and water pollution, source apportionment and health effects using statistical and geospatial tools. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2024.100127>
18. Science of The Total Environment. Integrated assessment of the pollution and risk of heavy metals in soils near chemical industry parks along the middle Yangtze River. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170431>
19. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. Comprehensive pollution and ecological risk of heavy metals in an industrial region of south-west Bangladesh. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100899>

20. Environmental Research. Heavy metal pollution near an abandoned mercury-bearing waste recovery enterprise in southwestern China: Spatial distribution and its sources in soil and plants <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118694>

21. Science of The Total Environment. Building a quality index for soils impacted by proximity to an industrial complex using statistical and data-mining methods <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140161>

22. Environmental Pollution. Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.053>

23. Journal of Environmental Sciences. Standardized framework for assessing soil quality at antimony smelting site by considering microbial-induced resilience and heavy metal contamination. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.12.031>

Annual review of environment and resources. Soil Biodiversity and the Environment. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-environ-102014-021257>

24. Soil Security. Soil health - It's not all biology <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100051>

25. Soil Biology and Biochemistry. Soil physics meets soil biology: Towards better mechanistic prediction of greenhouse gas emissions from soil <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.12.015>

26. Soil Biology <https://link.springer.com/book/9781461578703>

27. How Soil Biota Drive Ecosystem. Stability. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.09.007>

28. Soil Biochemistry Soil Heavy Metals <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-02436-8>

29. Biomanagement of Metal-Contaminated. Soils. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-1914-9_1

30. Завод «Інтерпайп» -[режим доступу]

https://rest.guru.ua/ua/dnepropetrovsk/places/934-zavod_«interpajp»/

31. Земельний кодекс України. – Львів: НВФ “Українські технології”,

2001. – 80 с.

32. Грунти. Рослинність Дніпропетровської області. URL:

33. РЕГІОНАЛЬНА ДОПОВІДЬ про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2022 рік
https://prirodacehram.blogspot.com/2015/06/blog-post_12.html.

34. Ковриго В.П. Почвоведение с основами геологии / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев – М.: Колос, 2000. – 416 с.

35. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004. – К., 2006. – 12 с

36. ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту»

37. Сеги И. Методы почвенной микробиологии / И. Сеги. – М. : Колос, 1983. – 285 с

38. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения /Н.А. Красильников. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 462 с.

39. Рубенчик Л.И. Азотобактер и его применение в сельском хозяйстве /Л.И. Рубенчик. – К.: Изд. АН УССР, 1960. – 328 с.

40 . Мальцева Н.Н. Активность азотфиксации и азотфиксирующие микроорганизмы ризосферы озимой ржи /Мальцева Н.Н., Надкерничная Е.В., Волкогон В.В., Ушакова М.А. //Микробиол. журн. – 1992. – Т. 54, № 6. – С. 10-15.

41. Anderson T R. Soil vampyrelid amoebae that caused small performance in *Cochliobolus sativus* /Anderson T R., Patrick Z A. // Soil Biol. and iochem. – 1980. – Vol. 12, № 2. – P. 159-167.

42. Davey M.E. Microbial biofilms: from ecology to molecular genetics /Davey M.E., O’Toole G.A. //Microbiol. and Molecular Biol. Reviews. – 2000. – Vol. 64, № 4. – P. 847-867.

43. Виноградский С.Н. Микробиология почвы / С.Н. Виноградский. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – 131 с.
44. Goldstein A.H. Mining by microbe /Goldstein A.H., Rogers R.D., Mead G. //Biotechnol. – 1993. – Vol. 11, № 11. – P. 1250-1254.
45. 1. Білик, В.В., Довгань, І.В., Лисенко, С.М. Охорона праці на підприємствах металургійної галузі // Науковий вісник НТУУ «КПІ». Київ, 2018. № 3. С. 75-82.
46. Горшкова, О.П., Ковальчук, М.Г. Сучасні підходи до управління охороною праці на виробництві // Промислова безпека і охорона праці. Дніпро, 2020. № 4. С. 22-27.
- 47.ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 «Система стандартів безпеки праці».
- 48.ГОСТ 12.0.230-2007 «Загальні вимоги».
- 49.ДСТУ 7748:2015 «Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги».