

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій та екології

**Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту
довкілля**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ,
ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ»**

Виконав: здобувач вищої освіти
СВО Магістр за
ОПП Агроекологія
спеціальності 101 – Екологія
Подлесний Андрій Володимирович

Керівник: **Самойлік Марина Сергіївна,**
доктор економічних наук, професор
Рецензент: **Поспєлова Ганна Дмитрівна,**
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Полтава – 2021 року

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Нафтопродукти визнані одними з найбільш екологічно небезпечних забруднювачів ґрунтів. Джерелами даного забруднення є підприємства нафтопереробної, нафтохімічної та хімічної промисловості, автотранспорт, звалища відходів тощо [1]. Ґрунт має здатність поглинати багато хімічних речовин та утримувати їх в поверхневому, родючому шарі. Нафтопродукти змінюють механічні, хімічні, біохімічні і фізико-хімічні характеристики ґрунту, можуть призвести до загибелі рослин і мікроорганізмів, що впливає на самоочищення ґрунту. Ступінь впливу нафтопродуктів на рослини і мікроорганізми залежить від багатьох факторів: температури і вологості повітряного та ґрунтового середовища, кількості біогенних елементів, типу ґрунту, концентрації забруднюючої речовини тощо.

Вплив нафтопродуктів на рослини обумовлений як безпосередньо токсичною дією, так і трансформацією ґрунтового середовища. На клітинному і фізіологічному рівні вплив вуглеводнів нафти на рослини проявляється в порушенні структури хлоропластів і фотосинтезу. Вуглеводні ушкоджують мембрани хлоропластів, мітохондрій, мембрани клітин кореня. Рослини, що ростуть в умовах нафтового забруднення ґрунту, містять значно більшу кількість речовин з стреспротективними властивостями.

Вплив забруднення ґрунту нафтою на рослини можна розділити на пряме і непряме. Прямий вплив - полягає у впливі компонентів нафти безпосередньо на рослини, а непряме - проявляється через зміну морфологічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Причому, нафта може проявляти як негативну, так і стимулюючу дію на рослини. Тому використання методів визначення фітотоксичного ефекту у ґрунтах, забруднених нафтопродуктами, для вибору оптимальних методів їх ремедіації, є досить актуальними на сьогодні.

Тому *метою роботи* стало наукове обґрунтування напрямів очистки і відновлення ґрунтів біологічними методами, зокрема пробіотичними препаратами. Головним завданням досліджень стало оцінити фітотоксичність

грунту, забрудненого нафтопродуктами, до і після очистки води пробіотичними препаратами.

Предмет дослідження: фітотоксичність ґрунту.

Об'єкт дослідження – ґрунти.

Методи досліджень. У роботі для комплексної оцінки фітотоксичності ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, до і після очистки води пробіотичними препаратами використано метод проростків. Метод проростків заснований на реакції тест-культур при внесенні в ґрунт різних забруднюючих речовин. Він дозволяє виявити токсичну або стимулюючу дію тих чи інших речовин. Як тест-культури одночасно використовуються рослини, здатні фіксувати і не здатні фіксувати азот.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті узагальнення теоретичних і експериментальних даних обґрунтовано напрямів очистки і відновлення ґрунтів біологічними методами, зокрема пробіотичними препаратами.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати досліджень, висновки, пропозиції і рекомендації використовуються для відновлення та збереженні якості ґрунтів.

Особистий внесок здобувача - у постановці і проведенні досліджень, виконанні експериментальної частини досліджень, узагальненні одержаних результатів.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень за темою дисертаційної роботи викладено у 1 фаховій статті: Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Цьова Ю.А., Третьякова Д.М., Подлесний А.В. Концептуальні напрями регіонального управління сферою поводження з твердими побутовими відходами / Вісник ПДАА, №3, 2021. – С. 82-91; 2 тезах: Писаренко П.В., Подлесний А.В., Колодій В.Р., Ковтун Р.О. Strategic directions of the regional waste management. IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування і контексті сталого розвитку» (21-22 жовтня, 2021) – м.

Херсон. 2021. – С.208-211; Писаренко П.В., Подлесний А.В., Колодій В.Р., Ковтун Р.О. Відновлення та освоєння техногенно забруднених територій. Розвиток сільських територій на засадах екологічності, енергонезалежності й енерголефективності. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (11.10.2021 р.) – С.153-155.

Публікації. Перелік опублікованих робіт наведений у додатку 1.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота виконана на 51 сторінках машинописного тексту і складається із загальної характеристики, 8 розділів, висновків і пропозицій виробництву. Список використаної літератури налічує 32 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Нафтопродукти визнані одними з найбільш екологічно небезпечних забруднювачів ґрунтів. Джерелами даного забруднення є підприємства нафтопереробної, нафтохімічної та хімічної промисловості, автотранспорт, звалища відходів тощо [1]. Ґрунт має здатність поглинати багато хімічних речовин та утримувати їх в поверхневому, родючому шарі. Нафтопродукти змінюють механічні, хімічні, біохімічні і фізико-хімічні характеристики ґрунту, можуть призвести до загибелі рослин і мікроорганізмів, що впливає на самоочищення ґрунту. Ступінь впливу нафтопродуктів на рослини і мікроорганізми залежить від багатьох факторів: температури і вологості повітряного та ґрунтового середовища, кількості біогенних елементів, типу ґрунту, концентрації забруднюючої речовини тощо [2].

Вплив нафтопродуктів на рослини обумовлений як безпосередньо токсичною дією, так і трансформацією ґрунтового середовища [3]. На клітинному і фізіологічному рівні вплив вуглеводнів нафти на рослини проявляється в порушенні структури хлоропластів і фотосинтезу. Вуглеводні ушкоджують мембрани хлоропластів, мітохондрій, мембрани клітин кореня. Рослини, що ростуть в умовах нафтового забруднення ґрунту, містять значно більшу кількість речовин з стреспротективними властивостями [4].

Вплив забруднення ґрунту нафтою на рослини можна розділити на пряме і непряме. Прямий вплив - полягає у впливі компонентів нафти безпосередньо на рослини, а непряме - проявляється через зміну морфологічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Причому, нафта може проявляти як негативну, так і стимулюючу дію на рослини. Тому використання методів визначення фітотоксичного ефекту у ґрунтах, забруднених нафтопродуктами, для вибору оптимальних методів їх ремедіації, є досить актуальними на сьогодні [5].

Універсального методу очищення ґрунтів, що зазнають забруднення від нафтопродуктів, не існує. Ефективність методу залежить від властивостей ґрунту, ступеня адаптації рослин, що ростуть на даних забруднених територіях, і цілого

ряду інших факторів. Вибір конкретної технології для обробки забрудненої ділянки залежить від хімічної структури забруднюючих домішок і інших характеристик [15].

Згідно літературних даних існуючі методи відновлення техногенно забруднених територій (у тому числі від нафтового забруднення) можна розділити на три групи:

1. Радикальні: повне видалення забрудненого шару ґрунту і заміна його на «чистий», який пройшов спеціальну обробку. Прийом використовується при локальному забрудненні в обмеженому обсязі. Також в даному випадку можливе використання так званих геоконтейнерів для локалізації забруднень, механічна ізоляція (консервування) чи герметизація об'єктів впливу на довкілля [16]. В реальних умовах, коли звалища ТПВ являють собою території з хаотично насипаними відходами, які досить часто не ущільнюються, дані методи використати досить складно.

2. Біологічні:

а) Використання адаптаційних можливостей рослин, які не накопичують важкі метали в їстівних частинах, або таких, які достатньо стійкі до них. За даними середньозважених значень вмісту нафтопродуктів та важких металів в рослинах авторами [16] складені ранжирувальні ряди культур за ступенем накопичення в них свинцю: ячмінь > соняшник > гречка > горох > гірчиця > різнотрав'я > люцерна > овес > соя > пшениця > кукурудза.

б) Використання рослин - концентратів важких металів та нафтопродуктів для регулярного видалення їх надземної і підземної маси, а також спеціальних мікроорганізмів, які поглинають важкі метали і тим самим роблять їх недоступними для рослин.

Як зазначають науковці [163; 165-170] одним із ефективних способів очищення ґрунтів від важких металів та нафтопродуктів є фітореMediaція. ФітореMediaція заснована на здатності рослин-гіперакумуляторів накопичувати в своєму листі і коренях важкі метали. До рослин-гіперакумуляторів свинцю

відносяться: лобода туркменська; лобода біла ; лох вузьколистий; сарсазан шишкуватий; спориш звичайний [155].

Все більш широкого напрямку набуває використання пробіотичних та бактеріальних препаратів для інтенсифікація процесів очистки ґрунту. Зокрема даними дослідженнями займалися займалися: Г Гвоздяк, П.И. ; Сапура, Е.В. ; Демчина, В.П. Маркін, В.В. Насонкіна Н.Г., Бондаренко Ю.Г., Zhang Y, та інші. Досліджено ефективність використання пробіотиків для очистки стічних вод [205]. Але на даний час питання щодо використання пробіотиків у процесах очищення ґрунтів є малодослідженим.

Пробіотичні препарати (пробіотики) складаються з пробіотичних бактерій і ферментів і не містять хімічних і мінеральних забруднювачів. За способом застосування пробіотики можна умовно віднести до класу реагентів, але завдяки своїй екологічності, вони не мають негативного впливу на якість води, у порівнянні з хімічними методами. Пробіотичні бактерії за визначенням є непатогенними, нетоксичними, володіють високою адгезивною та антагоністичною здатністю до патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів.

Більшість пробіотиків містять в своєму складі, як правило, факультативно анаеробні бактерії (в основному родів *Bifidobacterium* і *Lactobacillus*) і спороутворюючі аеробні бактерії роду *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium* і ін.). Вироблення молочнокислими бактеріями *Bifidobacterium* і *Lactobacillus* органічних кислот, а також великої кількості біологічно активних компонентів (антибіотиків, бактеріоцинів, лізоциму, перекису водню), як і конкуренція за поживні речовини і сайти адгезії, пригнічує ріст і витісняє з харчової ніші патогенні мікроорганізми, а також гнильні бактерії [17]. Життєдіяльність бактерій роду *Lactobacillus* призводить до утворення пероксиду водню. В аеробних умовах перекис водню під дією ферментів - каталази і пероксидази, наявних у аеробних і факультативно анаеробних бактерій, розкладається на воду і кисень, а також використовується безпосередньо для окислення органічного субстрату. Зазначені процеси призводять до підвищення здатності ґрунтів до самоочищення.

в) Використання «металостійких» сортів і видів рослин. За результатами досліджень [155] найбільш толерантним до поліелементного забруднення ґрунтів рослинами виявилися ріпак та люпин.

3. Фізико-хімічні: впливають на рухливість важких металів в ґрунті і виключають їх з біологічного кругообігу або переводять в легкорозчинні і рухливі форми. До їх числа відносяться:

а) Промивання забрудненого ґрунту, наприклад, кальцієвої селітрою або внесення розчинних солей заліза (хлорне залізо);

б) Зміна кислотності ґрунту (до оптимальної для кожної культури) шляхом вапнування і підвищення вмісту гумусу для зменшення токсичності важких металів внаслідок зв'язування їх в недоступні для рослин металоорганічні комплекси;

в) Застосування мінеральних добрив (в науково-обґрунтованих дозах). Внесення азотних добрив, спільно з органічними добривами знижує токсичність свинцю, міді і миш'яку; калійних добрив (у підвищених дозах) - радіоцезію.

г) Детоксикація ґрунту, забрудненого важкими металами, за допомогою природних і штучних сорбентів. До них відносяться цеолітові туфи (5% від маси ґрунту), вапно (1 кг/м^2), торф (20 кг/м^2), які повністю усувають фітотоксичність і погіршення якості продукції.

Також деякі науковці [150; 151; 157] зазначає, що створення підвищеного органічного фону сприяє активізації біологічних процесів у ґрунті, що покращує забезпеченість рослин поживними речовинами і біологічно активними сполуками. Так у роботі Басова Ю.В [155] відзначено ефективне застосування сидератів (18-20 т, а це рівнозначно внесенню 15-17 т гною на 1 га). Також Будина Т.Ю. [156] відзначає, що хороший результат дає і застосування соломи, 1 т якої еквівалентна 3,5-4 т гною.

Стабільність і продуктивність техногенно забруднених ґрунтів залежить, окрім дії антропогенного фактора і наявності в них достатніх кількостей життєво необхідних рослині рухомих форм макро- і мікроелементів, також від інтенсивності біологічних процесів, відображенням активності яких є

інтенсивність виділення CO₂, якісний і кількісний склад мікробного угруповання та активність ґрунтових ферментів. Досить динамічними і швидко реагуючими на токсичну дію важких металів компонентами є мікроорганізми. Забруднення нафтопродуктами та важкими металами призводить до зменшення загальної чисельності та видового різноманіття мікроорганізмів. Характер токсичної дії важких металів на активність ґрунтових ферментів залежить, насамперед, від виду металу, його валентності, форми внесених сполук (оксиди, солі), їх розчинності і тривалості впливу, а також визначається типом ґрунту, вмістом гумусу й механічним складом.

Таким чином узагальнюючи літературні дані потрібно відзначити, що в умовах техногенного забруднення довкілля, на ґрунтах із середньою та високою токсичністю, створення зелених насаджень (або посів сільськогосподарських культур) можливе лише після проведення очищення території від ТПВ та меліораційних заходів, зокрема вапнування [12]. Також бажано провести вирівнювання поверхні на ділянках, де є значні перепади рельєфу (більше 1 м). Попередньо перед посівом сільськогосподарських культур у ґрунт необхідно знешкодити токсичний вплив мікробіологічними препаратами, що дозволить також знизити токсичність ґрунту. Крім того в ґрунт необхідно внести мінеральні та органічні добрива (які необхідні для даних ґрунтів), провести глибоку оранку. Культури, які будуть вирощуватися при фіторе mediaції заборонено використовувати для споживання, їх необхідно заробляти в ґрунт при дискування території.

Загалом досить багато вітчизняних та зарубіжних науковців [14] вказують, що прискорити процес зменшення фітотоксичності ґрунту можливо шляхом інокуляції мікроорганізмів різних трофічних рівнів, використання бактеріальних препаратів, використання технологій компостних систем, внесення мінеральних добавок або створенню оптимальних умов для розвитку мікрофлори і підвищення її біологічної активності агротехнічними заходами. Особливо актуальним питанням є використання пробіотиків для відновлення техногенно забруднених територій.

Таким чином постає необхідність у подальших дослідженнях біологічних методів, зокрема пробіотичних препаратів, для відновлення техногенно забруднених ґрунтів. Це потребує обґрунтування та експериментального дослідження ефективності використання пробіотичних препаратів як інноваційних екологоорієнтованих методів відновлення техногенно забруднених територій. У той же час Вивчення даного питання дозволить удосконалити концептуальні підходи щодо реалізації еколого безпечної моделі очистки та відновлення техногенно забруднених територій.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі для комплексної оцінки фітотоксичності ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, до і після очистки води пробіотичними препаратами використано метод проростків. Метод проростків заснований на реакції тест-культур при внесенні в ґрунт різних забруднюючих речовин. Він дозволяє виявити токсичну або стимулюючу дію тих чи інших речовин. Як тест-культури одночасно використовуються рослини, здатні фіксувати і не здатні фіксувати азот.

Для визначення фітотоксичності забруднений нафтопродуктами ґрунт поміщали в чашки Петрі та висівали насіння тест-культур. Фітотоксичність визначали по проростанню насіння тест-культур. Контроль - дистильована вода.

Визначення фітотоксичного впливу ґрунту на ріст і кореневу систему рослин здійснювали на підставі розрахунку за формулою [16]:

$$FE = [(Mo - Mk) / Mo] \times 100 \%, \quad (1)$$

де Mo – маса або ростові показники рослин із контрольним зразком води;

Mk – маса або ростові показники рослин у воді, що досліджується.

Дослідження були проведені у чотирикратній повторності.

В якості тест-культур повинні бути використані типові рослини для досліджуваного виду забруднювача, що володіють яскраво вираженою стрес-реакцією на наявне забруднення: горох посівний (*Pisum sativum*), овес звичайний (*Avena sativa*) [13].

Посів тест-культур проводився після внесення нафтопродуктів, в трьох варіантах: на 2 добу; на 30 добу; на 180 добу. Нафтопродукти були внесені до вмісту: 1000, 2000, 5000, 10000 і 20000 мг/кг. Зразки знімалися на 14 добу після висаджування. Вміст нафтопродуктів в контрольному зразку ґрунту склав 40 мг/кг, що відповідає фоновій концентрації нафтопродуктів для Полтавської області.

Очищення забрудненого нафтопродуктами ґрунту проводили біологічним методом, використовуючи пробіотик Світеко-Агробіотик-01 (у розведенні 1:100). Пробіотик вносили на другий день після нафтового забруднення. Для оцінки

фітотоксичного ефекту забрудненого нафтопродуктами ґрунту після внесення пробіотику використовували тест-культури горох посівний (*Pisum sativum*) та овес звичайний (*Avena sativa*).

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ

На першому етапі проведено дослідження впливу нафтового забруднення на біометричні показники *Pisum sativum*. Проведена оцінка ґрунту, де культури висаджено на 2 добу після забруднення. Виявлено невеликий стимулюючий вплив нафтопродуктів за концентрації 10000 мг/кг на 7 добу розвитку рослин. На цьому терміні за концентрації 20000 мг/кг спостерігалось зниження кількості пророслих насіння в порівнянні з варіантом, де доза нафтопродуктів становила 10000 мг/кг. За інших концентрацій на 7 і 14 добу статистично значущої відмінності у порівнянні з контролем кількості пророслого насіння не спостерігалось.

Фітотоксичної ефект вважається значущим, якщо становить понад 20%. Негативні значення фітотоксичної ефекту говорять про стимулювання зростання і розвитку рослин під дією досліджуваних факторів. У досліджуваному діапазоні концентрацій значимого фітотоксичної ефекту по проростанню насіння на 14 добу не спостерігалось. Значущого впливу нафтопродуктів на довжину коренів гороху посівного (*Pisum sativum*) в усьому діапазоні концентрацій не спостерігалось. Відзначена тенденція до зниження довжини коренів. Фітотоксичної ефект був менше 20%, отже, ґрунт не фітотоксичний. Маса коренів значимо зменшилась тільки за концентрації 20000 мг/кг, фітотоксичний ефект склав 18%. При більш низьких концентраціях відбувалися незначні зміни маси коренів гороху (*Pisum sativum*). За концентрацій 1000 ... 10000 мг/кг фітотоксичної ефект був менше 5%, отже нафтопродукти в ґрунті не мали токсичного впливу на розвиток коренів гороху (*Pisum sativum*).

Досліджено вплив нафтопродуктів на розвиток і ріст наземної частини рослин на 14 добу (рис. 1). Виявлено зниження висоти наземної частини рослин тільки при дозі нафтопродуктів 20000 мг/кг.

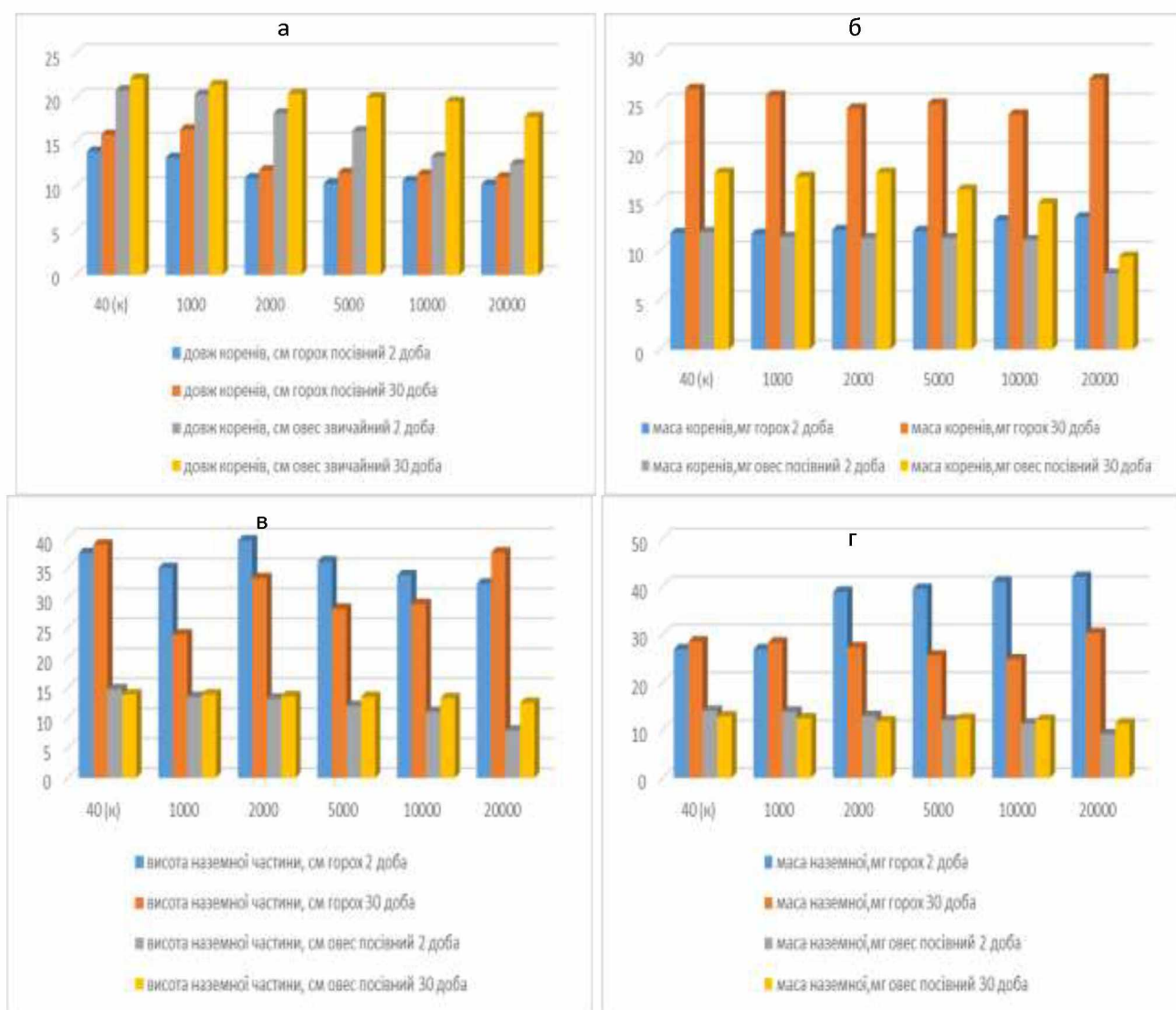


Рис.3. 1 - Вплив нафтопродуктів на біометричні показники гороху посівного (*Pisum sativum*) та овесу звичайного (*Avena sativa*), висаджені на 2 і 30 добу після забруднення: а - довжину коренів (см); б - масу коренів (мг); в - висоту наземної частини (см); г - масу наземної частини (мг)

Таким чином, при посіві насіння гороху посівного (*Pisum sativum*) в ґрунт на 2 добу після його забруднення нафтопродуктами, значимої зміни фітотоксичного ефекту не відбулося (фітотоксичний ефект <20%). Отже нафтопродукти, при досліджуваних концентраціях і проміжку часу забруднення ґрунту, по відношенню до гороху посівного (*Pisum sativum*) не володіють токсичним і стимулюючим ефектом.

При посіві насіння гороху посівного (*Pisum sativum*) на 30 добу з моменту забруднення ґрунту нафтопродуктами були отримані наступні результати. Довжина і маса коренів рослин при всіх внесених дозах нафтопродуктів практично не змінювалася, фітотоксичної ефект був у межах 8,3 – 9,8%. Отже,

грунт на 30 добу після забруднення є нетоксичним по відношенню до кореневої системи гороху посівного (*Pisum sativum*). Висота наземної частини рослин гороху посівного знижується зі збільшенням дози нафтопродуктів до 5000 мг/кг (табл.1). Фітотоксичний ефект при цьому значенні досягає 24,8%, при дозі 10000 мг/кг спостерігається також високий ФЕ, рівний 22,6%, що говорить про токсичність ґрунту по відношенню до розвитку наземної частини рослин при початкових концентраціях 5000 і 10000 мг/кг.

Подальше збільшення дози нафтопродуктів призводить до збільшення висоти наземної частини гороху до розмірів рослин на контрольних зразках ґрунту при дозі 20000 мг/кг. Маса наземної частини рослин змінюється подібно її розмірами, але статистично значущих відмінностей при зміні початкового вмісту нафтопродуктів у ґрунті від 1000 до 20000 мг/кг від контролю не має (рис. 1). Таким чином, через 30 діб з моменту забруднення, явний токсичний вплив нафтопродуктів спостерігається по відношенню до розвитку наземної частини рослин при дозах 5000 і 10000 мг/кг.

При посіві насіння гороху посівного на 180 добу з моменту забруднення ґрунту нафтопродуктами були отримані наступні результати. При вимірюванні довжини коренів було встановлено, що різке зменшення довжини коренів відбувається при початковій дозі нафтопродуктів 2000 мг/кг, мінімальне значення спостерігається при 10000 мг/кг, але воно статистично не відрізняється від розмірів коренів при початкових концентраціях 2000, 5000 і 20000 мг/кг (табл. 1).

Таблиця 3.1

Фітотоксичний ефект зразків ґрунту, забруднених нафтопродуктами, до і після біологічної очистки за допомогою пробіотику

Час експозиції, діб	Початкова концентрація НП, мг/кг	ФЕ, %				
		по проростанню	по довжині коренів	по масі коренів	по довжині наземної частини	по масі наземної частини
Горох посівний (<i>Pisum sativum</i>)						
2	1000	2,6	5	0,8	6,7	0
	2000	2,6	9,3	-0,8	-5,7	-3,4
	5000	-2.6	14.3	-0.5	3.7	-5.2

	10000	10,4	11,4	-9,3	9,8	-9,3
	20000	16,9	15,0	-11,9	13,6	-11,9
20	1000	2,7	-3,9	2,6	1,7	0,7
	2000	13,3	1,9	7,6	11,3	4,3
	5000	9,3	3,9	5,7	24,8	10,1
	10000	9,3	5,8	9,8	22,6	13,0
	20000	13,3	8,3	-3,8	-0,2	-6,5
180	1000	18,0	14,0	25,0	1,8	2,0
	2000	28,8	53,7	39,1	21,2	12,6
	5000	42,4	57,4	55,1	35,9	28,3
	10000	67	72,8	75,1	65,2	60,3
	20000	78,3	49,3	78,2	51,8	79,8
Овес звичайний (<i>Avena sativa</i>)						
2	1000	15,5	2,3	3,4	8,7	1,4
	2000	16,9	12,4	5,1	10,7	9,4
	5000	20,8	22,2	5,1	18,8	13,8
	10000	23,9	36,0	5,9	25,5	19,6
	20000	40,9	40,1	35,6	46,0	34,8
20	1000	7,5	3,3	2,2	-0,4	2,7
	2000	13,0	7,9	0,0	2,2	8,0
	5000	18,1	9,5	9,5	3,2	3,6
	10000	17,8	11,5	16,8	4,1	5,3
	20000	35,6	19,2	20,7	9,9	11,6
180	1000	1,5	-2,1	1,6	3,4	1,9
	2000	-6,2	9,6	4,7	1,7	4,6
	5000	-8,5	2,1	7,9	9,1	1,0
	10000	1,5	6,4	6,3	6,8	3,7
	20000	43,9	10,7	13,4	4,0	15,7

Зі збільшенням початкової дози нафтопродуктів фітотоксичність ґрунту зростає. Максимальне значення фітотоксичного ефекту (72,8%) спостерігається при дозі 10000 мг/кг. При початкових концентраціях 2000, 5000 і 20000 мг/кг фітотоксичний ефект дорівнює 53,7%; 57,4 % та 49,3% відповідно. Зі збільшенням початкової концентрації нафтопродуктів маса коренів також знижується. Значне зниження маси рослин відбувається вже при початковій концентрації 1000 мг/кг, що видно також по збільшенню значення фітотоксичного ефекту (25%).

Висота наземної частини рослин змінюється аналогічно довжині коренів. Помітне зменшення висоти зеленої частини рослин спостерігалось при початковій концентрації нафтопродуктів 2000 мг/кг. Значення концентрації нафтопродуктів 1000 мг/кг не вплинуло на розміри рослин. Максимальне значення фітотоксичного ефекту 65,2 % спостерігалось при початковій концентрації нафтопродуктів 10000

мг/кг, мінімальне 1,8% - при 1000 мг/кг. Маса наземної частини статистично значимо знижується при початковій концентрації нафтопродуктів 5000 мг/кг і при подальшому збільшенні дози нафтопродуктів продовжує знижуватися. Фітотоксичний ефект досягає максимального значення 79,8% при початковій концентрації 20000 мг/кг. Таким чином, на 180 добу після забруднення ґрунт стає токсичним для гороху посівного при всіх початкових концентраціях.

Аналогічні дослідження проведені для вівса звичайного *Аvéна satíva*. На 2 добу фітотоксичний ефект по проростанню насіння має значення вище 20% при концентраціях нафтопродуктів 5000 мг/кг і вище. Довжина коренів у порівнянні з контролем теж зменшується, починаючи з концентрації нафтопродуктів 5000 мг/кг. Максимальний фітотоксичний ефект 40,1% був зафіксований при концентрації нафтопродуктів 20000 мг/кг.

Маса коренів зі збільшенням концентрації нафтопродуктів до 20000 мг/кг практично не змінюється. По масі коренів фітотоксичний ефект 35,6% спостерігався тільки при концентрації 20000 мг/кг, при інших концентраціях фітотоксичний ефект був у межах 3–6%. Починаючи з концентрації 5000 мг/кг висота наземної частини рослин зменшувалася у порівнянні з контролем при збільшенні концентрації нафтопродуктів. Фітотоксичний ефект 25% та 46% відповідно, був відзначений тільки при концентраціях 10000 і 20000 мг / кг. Маса наземної частини рослин зі збільшенням концентрації змінюється також як і маса коренів. Зниження маси відбувається при вмісті нафтопродуктів 10000 і 20000 мг/кг, фітотоксичний ефект при цьому становив 20 і 35% відповідно.

При посіві насіння вівса звичайного (*Аvéна satíva*) на 30 добу з моменту забруднення ґрунту нафтопродуктами були отримані наступні результати. Зниження довжини коренів спостерігається при початковій концентрації 20000 мг/кг ґрунту, при цьому фітотоксичний ефект не досягає 20%. Статистично значущих відмінностей між масою коренів при досліджуваних концентраціях не спостерігалось, однак фітотоксичний ефект 21% спостерігався при початковій концентрації 20000 мг/кг. Висота і маса наземної частини рослин з підвищенням концентрації нафтопродуктів не змінювалися, фітотоксичний ефект по висоті і

масі не перевищує 12%. Отже, ґрунт через 30 діб після забруднення нафтопродуктами не здійснює токсичного впливу на наземну частину рослин вівса (*Avéna satíva*) у всьому діапазоні досліджуваних концентрацій.

Нафтопродукти в досліджуваних концентраціях при посіві насіння на 180 добу після забруднення не впливають на кореневу систему вівса звичайного (табл. 1). Максимальний фітотоксичний ефект 11-13% спостерігався при початковому вмісті забруднення 20000 мг/кг. Нафтопродукти в досліджуваних концентраціях при посіві насіння на 180 добу після забруднення не здійснюють вплив на наземну частину рослин вівса звичайного (*Avéna satíva*). Фітотоксичної ефект не перевищує 16%, який спостерігається по масі наземної частини рослин при початковій концентрації нафтопродуктів 20000 мг/кг. Таким чином, нафтопродукти на 180 добу після забруднення впливають тільки на проростання насіння вівса (*Avéna satíva*) при початковій концентрації нафтопродуктів 20000 мг/кг. На біометричні показники вівса звичайного (*Avéna satíva*) ґрунт після 180 діб після забруднення не здійснює токсичного впливу при всьому діапазоні досліджуваних концентрацій.

При оцінці здатності до самоочищення ґрунту, було встановлено, що вміст нафтопродуктів на 30 добу знижується до безпечного рівня (1000 мг/кг) при початковій концентрації забруднення в ґрунті не вище 5000 мг/кг. На 180 добу вміст нафтопродуктів у ґрунті знижується до безпечного рівня практично у всіх зразках, крім зразка з початковою концентрацією 20000 мг/кг. Таким чином, вміст нафтопродуктів у ґрунті знижується з часом, але при цьому утворюються продукти трансформації нафти і з цим можуть бути пов'язані зміни в хімічному (наприклад, змінюється рН в зв'язку з утворенням великої кількості органічних кислот) і мікробіологічному складі ґрунту.

На горох (*Pisum sativum*) і овес (*Avéna satíva*) забруднення ґрунту нафтопродуктами здійснює неоднозначний вплив на різних термінах з моменту забруднення. На початковому етапі забруднений нафтопродуктами ґрунт, не здійснює значного токсичного впливу на горох. Для гороху ґрунт стає токсичним здебільшого на 30 добу після внесення нафтопродуктів (при початкових їх

концентраціях 5000 і 10000 мг/кг) і токсичність ґрунту при цьому збільшується з часом. Для вівса ґрунт стає токсичним з моменту забруднення при концентраціях нафтопродуктів вище 5000 мг/кг, з часом токсичність ґрунту не зменшується, а залишається такою на 180 добу з моменту забруднення (при концентрації 20000 мг/кг).

Попередні авторські дослідження науковців ПДАА [18, с. 78] показали можливість використання пробіотичних препаратів (Світеко-ППВ, Світеко-ОПЛ, СвітекоАгробіотик-01) для очистки водних систем та ґрунту. Тому, на другому етапі дослідження оцінено можливості очищення ґрунту від нафтопродуктів пробіотиком Світеко-Агробіотик-01. Порівняння біометричних показників *Pisum sativum* та *Avéna satíva* на зразках ґрунту до і після очистки пробіотичними препаратами приведено у табл. 2.

Таблиця 3.2

Результати ремедіації ґрунту пробіотичним препаратом Світеко-Агробіотик-01

Час експозиції, діб	Початкова концентрація НП, мг/кг	Ефективність очистки, %				
		по проростанню	по довжині коренів	по масі коренів	по довжині наземної частини	по масі наземної частини
Горох посівний (<i>Pisum sativum</i>)						
2	1000	146,15	150,00	237,50	116,42	0,00
	2000	161,54	110,75	37,50	10,53	-52,94
	5000	-23,08	83,22	-20,00	156,76	13,46
	10000	75,96	68,42	40,86	68,37	-9,68
	20000	81,66	66,00	52,94	69,12	56,30
20	1000	122,22	87,18	103,85	170,59	400,00
	2000	103,01	36,84	84,21	127,43	72,09
	5000	87,10	61,54	73,68	95,56	49,50
	10000	62,37	74,14	97,96	46,46	40,00
	20000	57,14	73,49	71,05	-450,00	61,54

180	1000	86,11	80,00	79,60	216,67	155,00
	2000	72,92	81,19	84,40	75,94	57,94
	5000	75,94	78,75	87,66	71,87	67,84
	10000	77,46	78,71	79,89	81,44	76,29
	20000	76,76	63,29	72,51	70,46	72,43
середнє		84,22	79,57	78,91	61,84	70,65
Овес звичайний (<i>Avéna satíva</i>)						
2	1000	90,32	91,30	135,29	87,36	64,29
	2000	79,29	58,87	88,24	51,40	88,30
	5000	83,17	70,72	56,86	80,85	89,13
	10000	67,36	71,67	61,02	65,10	37,76
	20000	74,33	69,33	86,24	80,65	56,61
20	1000	84,00	93,94	154,55	50,00	92,59
	2000	60,00	89,87	0,00	245,45	93,75
	5000	56,91	62,11	90,53	84,38	69,44
	10000	54,49	54,78	91,07	78,05	69,81
	20000	71,07	63,02	76,33	88,89	71,55
180	1000	180,00	-142,86	68,75	126,47	163,16
	2000	16,13	112,50	25,53	29,41	110,87
	5000	-23,53	71,43	50,63	63,74	150,00
	10000	66,67	81,25	55,56	52,94	67,57
	20000	97,27	71,03	63,43	12,50	50,32
середнє		70,50	61,26	73,60	79,81	85,01

Практично при всіх концентраціях нафтопродуктів за допомогою пробіотику ґрунт відновлено до 5 класу токсичності (відсутність токсичності). Лише у досліді на гороху посівному у ґрунті з концентрацією нафтопродуктів 20 000 мг/кг по масі коренів і по масі наземної частини фітотоксичний ефект очистки за допомогою пробіотику склав більше 20% (слабка токсичність). Середній ефект чистки пробіотиком при висіванні гороху посівного (*Pisum sativum*) склав 75%, овесу звичайного (*Avéna satíva*) - 74%.

Таким чином, експеримент показав високу ефективність біоремедіації в порівнянні з самоочищенням ґрунту від нафтопродуктів.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА СПОСОБІВ РЕМЕДІАЦІЇ АГРОЦЕНОЗІВ

ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ ТА ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Дослід проводився за наступною схемою: контрольні зразки (К); зразки, зразки, що містять цинк (Zn); зразки, що містять свинець (Pb); зразки, що містять свинець і цинк (Pb + Zn); зразки, містять свинець, цинк і нафтопродукти (нафтопродукти+ Me). Останнє обумовлено тим, що навколо звалищ як правило фіксують високі значення концентрацій нафтопродуктів (3000-5000 мг/кг).

У результаті проведення експерименту було встановлено, що кількість насіння, пророслих на 10 добу вище в порівнянні з контролем в зразках ґрунту, забрудненій свинцем і спільно свинцем і цинком (рисунок 5.1). При цьому свинець в досліджуваній концентрації стимулює розвиток рослин, на що вказує негативний фітотоксичний ефект, що перевищує 20% (ФЕ = -22%). НП навпаки пригнічують рослини на цій стадії розвитку, ФЕ становить 40% для ґрунту, забрудненого ВМ і нафтопродукти. Тобто, найбільше впливає на ріст рослин спільна присутність ВМ і нафтопродукти.

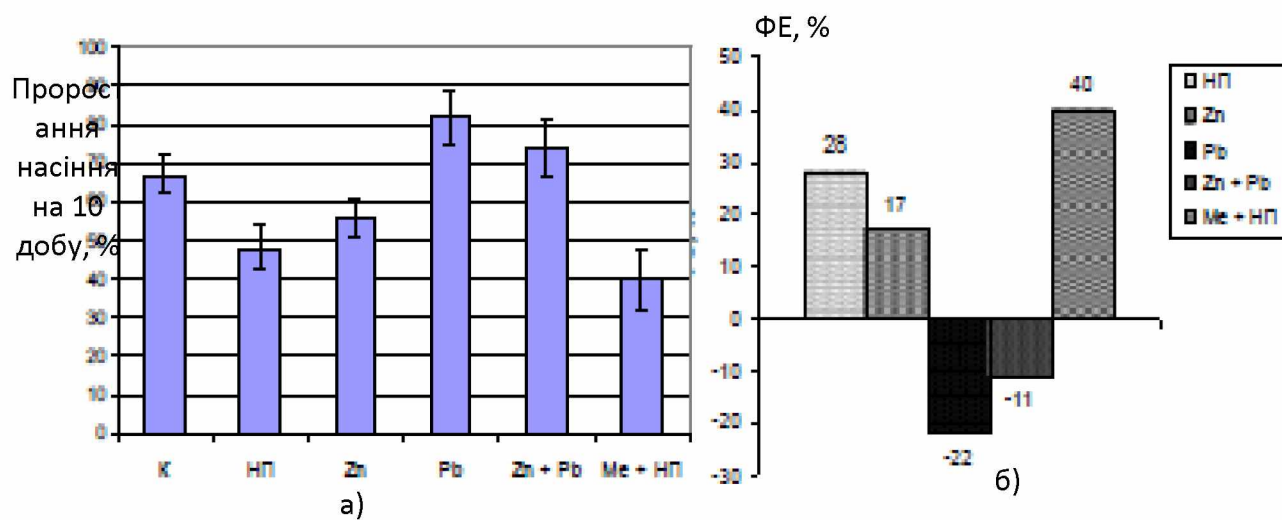


Рис. 5.1 - Вплив нафтопродуктів і ВМ на проростання насіння рослин:

а - проростання насіння; б - фітотоксичної ефект

На висоту наземної частини рослин (рисунок 5.2) найбільший негативний вплив здійснюють нафтопродукти, що виражається максимальним значенням ФЕ 25,6%. ФЕ ґрунту при спільній присутності НП і ВМ досить високий 19%. Цинк і

свинець не роблять впливу на висоту рослин, так як статистично значущої відхилення значень від контрольних не мають.

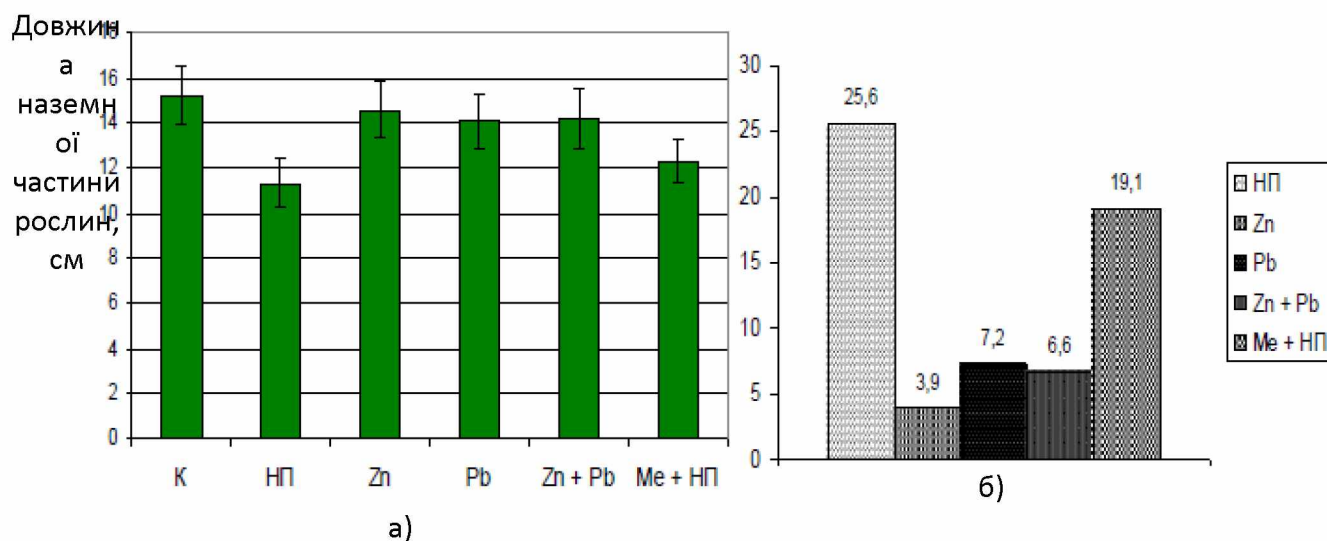


Рис. 5.2 - Вплив НП і ВМ на висоту наземної частини рослин:

а - довжина рослин; б - фітотоксичної ефект, %

По масі кореневої системи значний фітотоксичний ефект (22%, 21% і 20%) мають ґрунти, забруднені нафтопродуктами, цинком і сумішшю забруднювачів (рис. 5.3). Свинець в досліджуваній концентрації дає негативний ФЕ = 24%, що говорить про те, що він стимулює ріст коренів рослин.

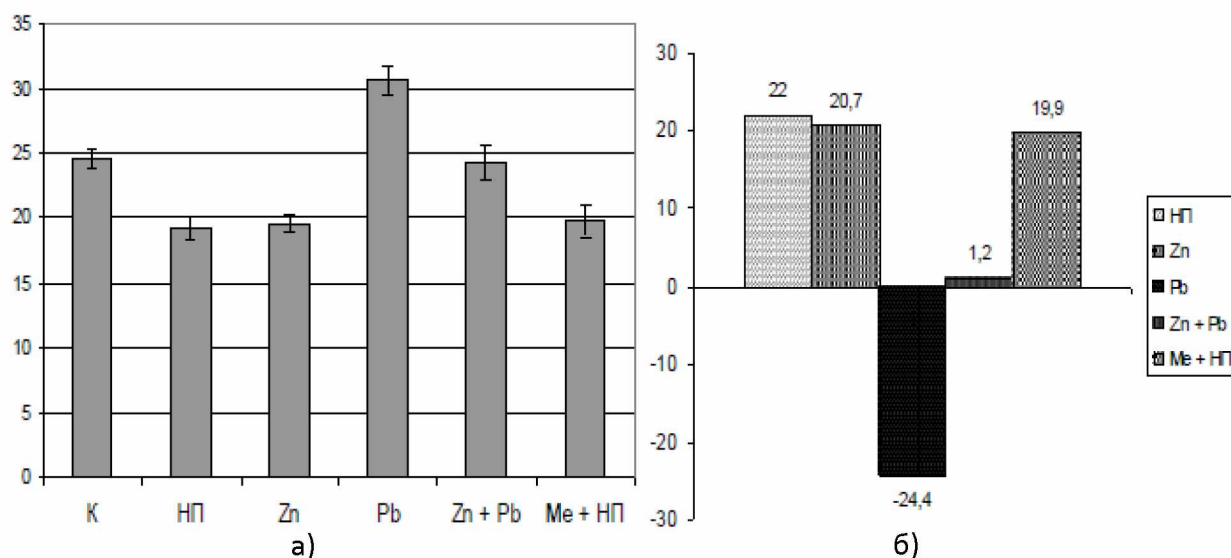


Рис. 5.3- Вплив НП і ТМ на масу коренів рослин:

а - маса коренів; б - фітотоксичної ефект, %

Найбільшу частку сухої речовини виявлено в рослинах, які виростили на зразках ґрунту, що містять нафтопродукти, найменша в рослинах (коріннях), які виростили на ґрунті, що містить свинець (рисунк 5.4). Таким чином, нафтопродукти не дають можливості рослинам поглинати достатню кількість вологи з ґрунту. Це відбувається внаслідок утворення плівок НП на поверхні частинок ґрунту і рослин.

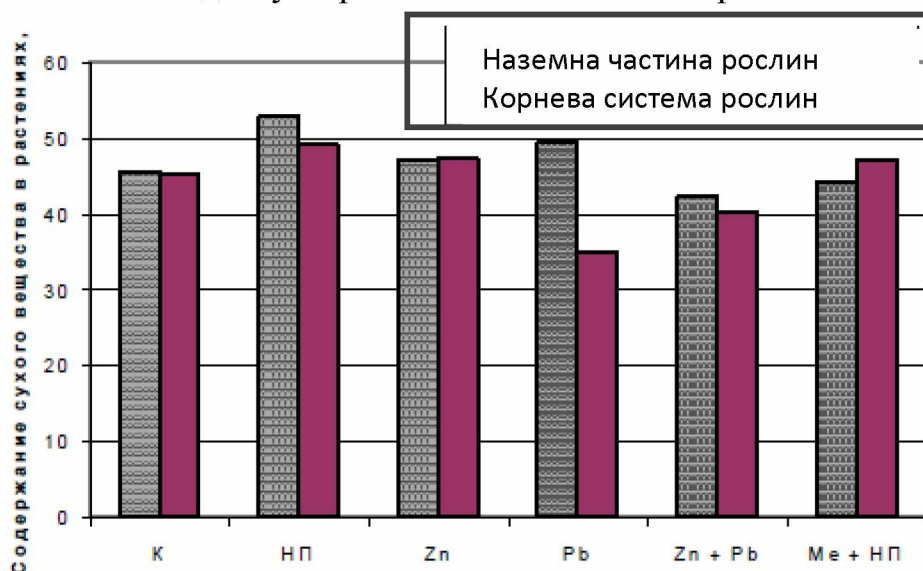


Рис. 5.4 - Вміст сухої речовини в рослинах

В цілому, при вмісті нафтопродуктів і важких металів в ґрунті в концентраціях, характерних для забруднених територій навколо звалищ відходів, найбільш негативний вплив на рослини надають нафтопродукти. Свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК). Цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи. Спільна присутність в ґрунті важких металів і нафтопродуктів в основному призводить до пригнічення рослин, особливо на ранніх етапах розвитку.

Таким чином постає необхідність у розробленні комплексних методів очистки земель, що зазнають техногенного впливу місць видалення відходів.

Перспективним методом вилучення нафтопродуктів та важких металів з ґрунтів, на думку багатьох дослідників, є біологічний метод фітореMediaції. Однією з ефективних культур у цьому плані є ріпак.

Вирощування ріпака з вищевказаною метою вивчено в Італії. Установлено, що наявність металів у ґрунті у кількостях 50, 500, 600 м/кг не приводить до певних ознак пригнічення рослин. Винос ВМ зростає з подальшою акумуляцією в наземних

органах. З метою фітореMediaції рекомендовано використовувати ріпак для видалення кадмію та цинку на забруднених ділянках земель.

Для оцінки фітореMediaційних властивостей та з метою очищення забрудненої ВМ території нами було обрано два поля на схилі північно-західної експозиції поблизу «Перероблюючого заводу», де концентрації поллютантів у ґрунті перевищували гранично допустимі. Через два роки вирощування ріпака сорту Атлант (на двох полях по черзі) поукісно були відібрані зразки фітомаси та ґрунту для обстеження на вміст ВМ (табл. 5.1).

Табл. 5.1. Вміст важких металів у ґрунтах та фіто масі поукісно, мг/кг сухої маси (2020 р.)

Елемент	Ґрунт					Корінь	Зелена маса	Насіння
	№1	№2	№3	№4	№5			
Манган	142,25 114,31	151,80 121,12	117,87 98,23	52,87 31,29	40,15 32,15	85,21	35,78	21,36
Цинк	11,81 8,56	12,00 9,45	10,51 7,87	8,72 6,54	10,21 8,12	3,61	2,86	1,25
Нікель	3,72 2,75	3,15 2,36	2,81 1,96	3,02 2,45	1,89 1,42	5,21	5,15	1,98
Плюмбум	4,05 3,12	7,1 3,14	3,61 1,86	2,89 1,19	4,12 1,07	2,85	2,13	1,05
Хром	5,74 5,27	6,02 5,56	5,52 4,31	4,81 3,98	5,02 4,01	6,12	5,28	3,17
Кадмій	0,89 0,68	1,2 0,71	1,1 0,54	0,62 0,51	0,78 0,58	0,92	0,35	0,12

Як свідчать дані таб. 5.1, після вирощування ріпака на території навколо смітника вміст ВМ дещо змінився. Зокрема концентрації елементів значно зменшилися, тобто рівень забруднення земель знизився, незважаючи на те, що поллютанти продовжують надходити у довкілля. За отриманими результатами було створено схему забруднення полів до висіву та після збору ріпака (рис. 5.5). Середня врожайність становила 4,32 т/га.

Найбільше накопичення елементів з перевищенням ГДК у вегетативних органах рослин спостерігається в кореневій системі рослин. Це свідчить про те, що корінь

виконує роль захисного бар'єра, накопичуючи основну масу ВМ та запобігаючи їх надходженню до стебла, листків та насіння.



Рис. 5.5 – Схема забруднення ґрунтів у місці розташування звалища ТПВ до і після висіву ріпак

Дещо менший вміст елементів спостерігається у зеленій масі, але ГДК не перевищені. А в насінні вміст ВМ дуже низький що говорить про необмеженість його використання в подальшому. Таким чином, було доведено фіторе mediaційну спроможність ріпака, завдяки накопиченню полютантів у кореневищах та зеленій масі рослин.

Під час проведення експерименту на забруднених ґрунтах відхилень росту та розвитку рослин не спостерігалось. Отже, рослина повністю адаптувалася до умов середовища та забезпечила захисні механізми для подальшого розмноження. Для наочного зображення зв'язків нами була побудована загальна плеяда кореляційних залежностей вмісту ВМ у різних органах рослин (рис. 5.6)

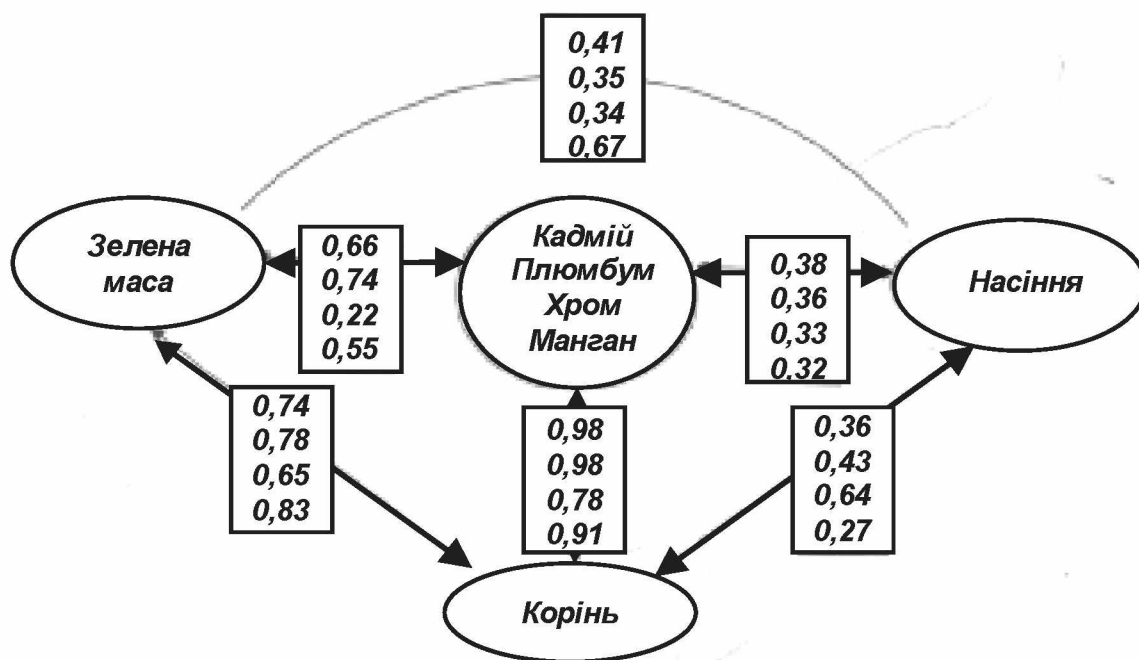


Рис. 5.6 Мультиколеніальний зв'язок між забрудненням насіння, зеленої маси та коріння важкими металами

Як свідчить рис. 5.6 найтісніший кореляційний зв'язок спостерігається між вмістом досліджуваних металів у ґрунтах та коренях рослини – 0,98, 0,98, 0,78 та 0,91 відповідно. Тобто відбувається накопичення кадмію у кореневищах ріпака. У зеленій масі відповідно 0,74, 0,78, 0,65 та 0,83. У насінні ж лише 0,36, 0,43, 0,64 та 0,27 відповідно.

За допомогою проведення лабораторного дослідження визначені чутливі і токсикотолерантні представники різних ботанічних родин. За отриманими даними побудовані ранжовані ряди стійкості рослин до моно- та полі елементного забруднення ґрунту ВМ.

Забруднення ґрунтів ВМ у концентраціях 5-10 ГДК як за моно, - так і за полі елементного впливу пригнічують ріст і розвиток рослин, інколи викликають їх повну загибель. Концентрації на рівні 1 ГДК фактично не мають негативних наслідків, а інколи навіть стимулюють ріст деяких видів рослин (рис. 5.7-5.8).

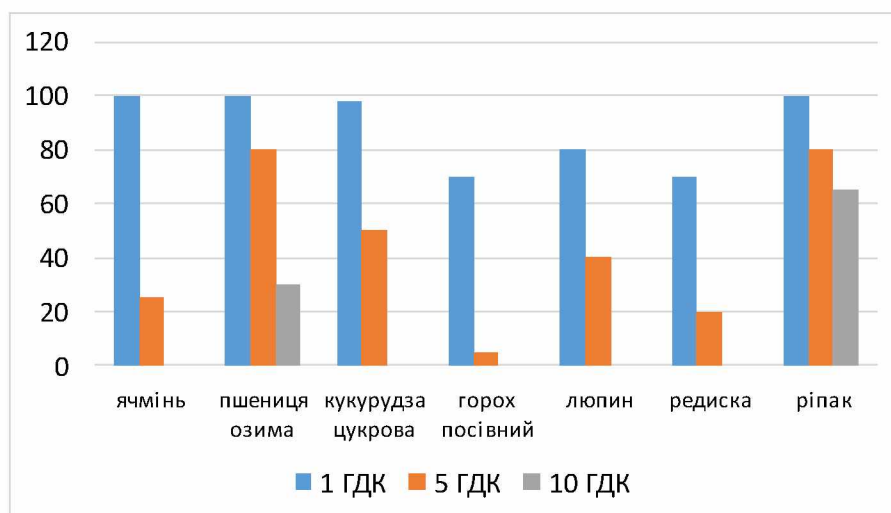


Рис. 5.7 - Вплив поліметалічного забруднення на довжину пагонів рослин

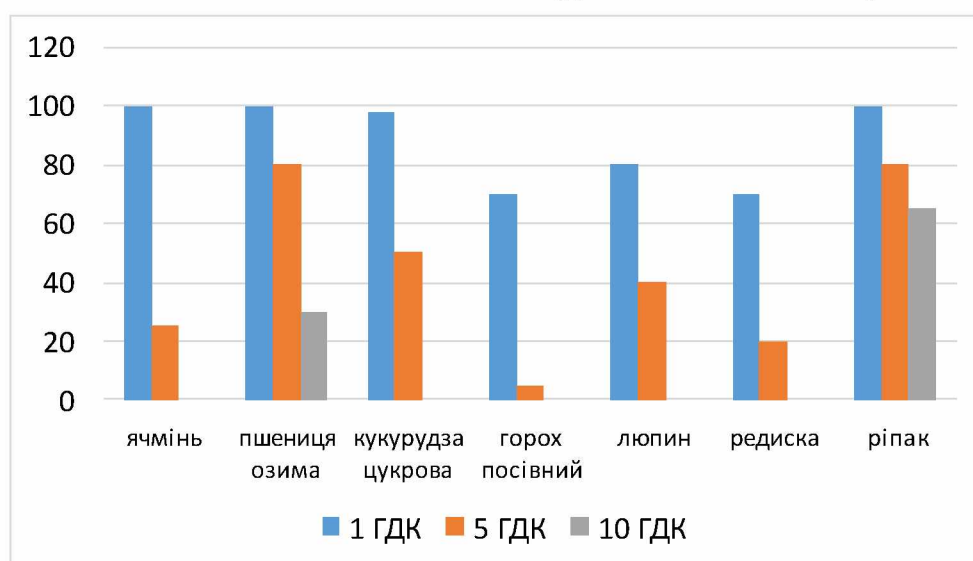


Рис. 5.8 Вплив поліметалічного забруднення на довжину коренів рослин

Таким чином, за толерантністю до поліметалічного впливу на рослини роду Poaceae їх можна розмістити у такий ранговий ряд: озима пшениця > кукурудза цукрова > ячмінь ярий.

За толерантністю до монометалічного забруднення рослин представників роду Fabaceae можна сказати, що найбільш токсичний вплив на рослини чинить купрум та цинк, при концентраціях на рівні 5 ГДК рослини різко зменшують кореневу систему та пагони, а при 10 ГДК гинуть. Поліелементне забруднення ґрунту викликало більш токсичну дію на рослинні організми, ніж моно елементне. Токсичність проявлялася вже на 5 рівні ГДК, а інколи й на 1 ГДК.

Найтоксичнішими елементами для всіх досліджуваних видів рослин виявились купрум і цинк, тоді як плумбум інколи навіть викликав стимуляцію росту. Толерантність стосовно до купруму й цинку проявили лише такі рослини як пшениця і ріпак. Рослини ріпаку роду *Brassicaceae* реагували досить толерантно, навіть при високих концентраціях у 10 ГДК спостерігались поодинокі випадки сильно токсичної дії металу. Толерантним до полі елементного забруднення ґрунтів рослинами виявилися пшениця озима, ріпак та люпин.

РОЗДІЛ 6

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ БІОРЕМЕДІАЦІЇ АГРОЦЕНОЗІВ ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ

Експеримент по біоремедіації проводили в умовах польового досвіду на об'єктах з низьким і середнім рівнем забруднення ґрунту НП (район розміщення ППО НГВУ «ОХТИРКАНАФТОГАЗ» ПАТ УКРНАФТА, одна ділянка на відстані 50 м від місця забруднення (стовок випарник), друга ділянка - найближчі сільськогосподарські угіддя, 500 м). Для біоремедіації використовувався пробіотичний препарат Світеко-Агробіотик-01, розбавлення 1:1000. Верхній шар ґрунту був зорано на глибину 20 см і оброблений суспензією біопрепарату. Враховуючи особливості ґрунтів (чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий) на даній території внесено добрива - нітроамофоску з співвідношенням N:P:K: 16:16:16 по всій території. Проведення експерименту - 3 місяці.

На наступному етапі проведено дослідження визначено вміст НП до і після біоремедіації (внесення пробіотику) методом ІК-спектрометрії. У якості контролю використано ґрунт з неочищеної ділянки. Результати дослідження приведені на рис. 7.1.

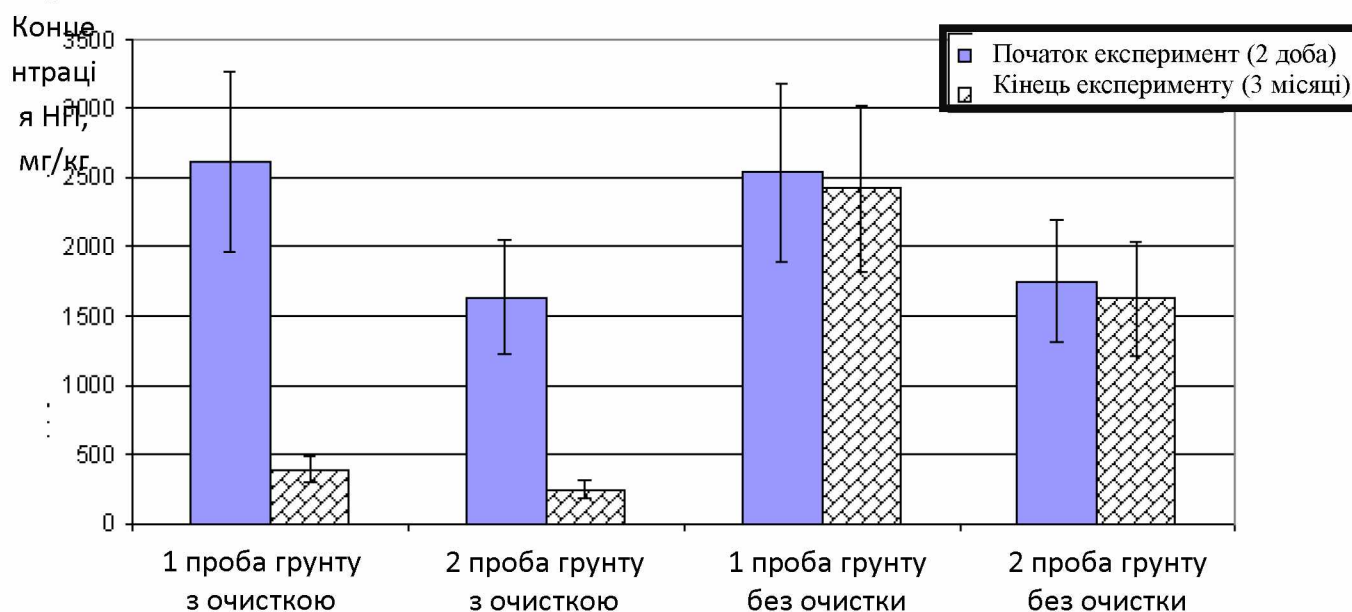


Рис. 7.1. - Вміст НП в ґрунті до і після проведення біоремедіації ґрунту

Після аналізу ґрунту з необроблених ділянок було встановлено, що вміст НП на них достовірно значно не змінився (рисунок 7.1).

Встановлено, що при використанні Світеко-Агробіотик-01 розбавленням 1:1000 концентрація НП знизилася на 1 пробі - на 85%, на 2 пробі - на 87% (рисунок 37). Треба відзначити, що під час проведення експерименту забезпечувалися оптимальні кліматичні умови: у середньому спостерігалася висока вологість та температура $+18^{\circ}\text{C}$, що значно покращувало розвиток мікроорганізмів біопрепарату. Тривалість експерименту - 3 місяці (квітень, травень, червень).

Таким чином, даний експеримент підтвердив високу ефективність біоремедіації (більше 80%) в польових умовах в порівнянні з самоочищенням ґрунту від нафтопродуктів.

У подальшому для покращення якості ґрунтів, забруднених НП, а також зниження концентрації різних забруднень в ґрунті можливо використовувати додаткові біологічні методи - рослини. Особливо дане питання важливе для відновлення ґрунтів від нафтового забруднення та повернення їх у господарський обіг (сільське господарство) у максимально короткі терміни. Механізми впливу рослин на забруднювачі різні. Для зниження концентрації НП в ґрунті використовується фітостимуляція і фітодеградація. При фітостимуляції забруднювачі деградують за рахунок секреції рослинами органічних речовин, які використовуються ризосферні мікроорганізмами як джерело енергії і вуглецю, а також різних вторинних метаболітів, що активують гени, відповідальні за синтез деградуючих ферментів. Для фітостимуляції мікробів-деструкторів кореневої зони застосовуються рослини, що володіють великою щільною кореневою системою і секретуючі специфічні речовини, що сприяють росту мікробів. Зокрема використовуються різні трави (напр. вівсяниця) через їх велику і щільну кореневу систему.

Фітодеградація заснована на можливості рослин, за допомогою своїх ферментів спільно з ґрунтовими (ризосферними) мікроорганізмами здійснювати ферментативне розщеплення органічних забруднюючих речовин (Технології

відновлення ..., 2003; Відновлення нафтозабруднених ..., 1988; Ісмілов, 1988; Середина і ін., 1988; Добровольський, 2012).

5 Вибір рослин для фіторе mediaції земель, забруднених нафтопродуктами для подальшого їх використання в сільському господарстві

Забруднення ґрунтів НП викликає незворотні негативні зміни морфологічних, фізичних і хімічних властивостей, а також здійснює токсичний вплив на рослини. Для вибору суміші трав найбільш стійкий до забруднення ґрунту нафтопродуктами в лабораторних умовах піддали дії різних концентрацій НП 1000, 2000, 5000 і 10000 мг/кг. Для порівняння використовували:

- 1 варіант: люцерна;
- 2 варіант - віко-вівсяна суміш.

Посів трав здійснювали згідно з інструкцією по застосуванню. Спостереження за рослинами і ґрунтом проводили протягом 1 місяця.

Насіння в ґрунті з різною концентрацією НП сходили не рівномірно. Швидше (на 5 добу) всього насіння зійшли на контрольних зразках ґрунту і на зразках з концентрацією 1000 мг/кг. Рослини на цих зразках краще розвивалися, паростки були вище і товщі. На 7 добу з'явилися сходи на зразках 5000 і 10000 мг/кг. Розвивалися ці рослини гірше, паростки були нижче і тонше, деякі з них загинули під кінець експерименту.

Для оцінки фітотоксичної ефекту були використані наступні показники: висота проростків, довжина коренів, а також фітомаса проростків і кореневої системи рослин (рис. 7.2, табл. 7.1).



1 суміш



2 суміш

Рис. 7.2 - Дослідження впливу нафтопродуктів на біометричні показники рослин використаних сумішей (через 30 днів)

Таблиця 7.1

Вплив НП на висоту проростків рослин

Початковий вміст НП в ґрунті	Контроль (40 мг/кг)	1000 мг/кг	2000 мг/кг	5000 мг/кг	10000 мг/кг
Віко-вівсяна суміш (2 варіант)					
Висота проростків, см	16,1 ± 0,7	14,8 ± 0,5	14,3 ± 0,6	13,1 ± 0,6	11,5 ± 0,5
Фітотоксичність, %	-	8,07	11,18	18,63	28,57
Люцерна (1 варіант)					
Висота проростків, см	14,7 ± 0,5	13,4 ± 0,4	13,1 ± 0,5	11,7 ± 0,6	9,9 ± 0,4
Фітотоксичність, %	-	8,84	10,88	20,41	32,65

Таблиця 7.2

Вплив НП на довжину коренів

Початковий вміст НП в ґрунті	Контроль (40 мг/кг)	1000 мг/кг	2000 мг/кг	5000 мг/кг	10000 мг/кг
Віко-вівсяна суміш (2 варіант)					
Довжина коренів, см	5,2 ± 0,2	4,1 ± 0,4	3,6 ± 0,3	3,3 ± 0,2	2,7 ± 0,3
Фітотоксичність, %	-	21,15	30,77	36,54	48,08
Люцерна (1 варіант)					
Довжина коренів, см	4,5 ± 0,3	3,2 ± 0,1	2,9 ± 0,2	2,4 ± 0,2	1,9 ± 0,4
Фітотоксичність, %	-	28,89	35,56	46,67	57,78

Таблиця 7.3

Вплив НП на масу зеленої частини рослин

Початковий вміст НП в ґрунті	Контроль (40 мг/кг)	1000 мг/кг	2000 мг/кг	5000 мг/кг	10000 мг/кг
Віко-вівсяна суміш (2 варіант)					
Суха маса, г	0,61 ± 0,014	0,47 ± 0,015	0,44 ± 0,013	0,40 ± 0,013	0,36 ± 0,012
Фітотоксичність, %	-	22,95	27,87	34,43	40,98
Суха маса, г	0,21 ± 0,012	0,20 ± 0,012	0,19 ± 0,014	0,18 ± 0,014	0,17 ± 0,015
Фітотоксичність, %	-	4,76	9,52	14,29	19,05
Люцерна (1 варіант)					
Суха маса, г	0,56 ± 0,014	0,46 ± 0,013	0,42 ± 0,012	0,36 ± 0,012	0,28 ± 0,012
Фітотоксичність, %	-	17,86	25	35,71	50
Суха маса, г	0,17 ± 0,012	0,16 ± 0,014	0,15 ± 0,015	0,13 ± 0,014	0,11 ± 0,014
Фітотоксичність, %	-	5,88	11,76	23,53	35,29

Таблиця 7.4

Вплив нафтопродуктів на масу кореневої системи

Початковий вміст НП в ґрунті	Контроль (40 мг/кг)	1000 мг/кг	2000 мг/кг	5000 мг/кг	10000 мг/кг
Віко-вівсяна суміш (2 варіант)					
Суха маса, г	0,21 ± 0,012	0,18 ± 0,014	0,15 ± 0,013	0,11 ± 0,014	0,09 ± 0,015
Фітотоксичність, %	-	14,29	28,57	47,62	57,14
Суха маса, г	0,10 ± 0,01	0,07 ± 0,005	0,06 ± 0,005	0,04 ± 0,009	0,03 ± 0,005
Фітотоксичність, %	-	30	40	60	70
Люцерна (1 варіант)					
Суха маса, г	0,17 ± 0,014	0,14 ± 0,013	0,12 ± 0,014	0,08 ± 0,014	0,05 ± 0,011
Фітотоксичність, %	-	17,65	29,41	52,94	70,59
Суха маса, г	0,07 ± 0,009	0,05 ± 0,009	0,04 ± 0,00	0,02 ± 0,005	0,01 ± 0,004
Фітотоксичність, %	-	28,57	42,86	71,43	85,71

Через 30 діб з моменту посіву максимальну висоту мали рослини 2 суміші (віко-вівсяна суміш, рис 39), як в контрольному (не забрудненому НП), так і в забруднених зразках ґрунту. Встановлено, що зі збільшенням концентрації НП в ґрунті висота рослин зменшується. При зміні концентрації НП від 40 до 10000 мг/кг висота рослин 2 суміші зменшується на 29%, першої - на 32%.

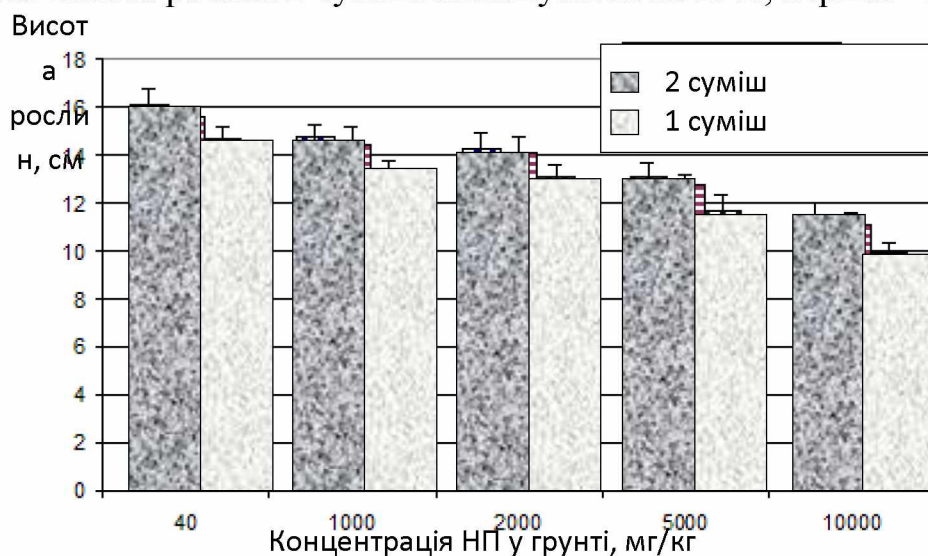


Рис. 7.5 - Вплив НП в ґрунті на висоту проростків 1 і 2 сумішей

Мінімальні значення висоти проростків зафіксовано в зразках концентрацією НП 10000 мг/кг. При оцінці фітотоксичної ефекту (ФЕ) як інтегрального показника на висоту проростків було виявлено, що його мінімальне

значення 8% було зафіксовано в зразках ґрунтів з вмістом НП 1000 мг/кг ддругої суміші, а максимальне 33% - в зразках з концентрацією забруднення 10000 мг/кг першої суміші (рисунк 40). Найвищі значення ФЕ (9 ... 33%) відзначалися в зразках з усіма концентраціями забруднення з використанням першої суміші.

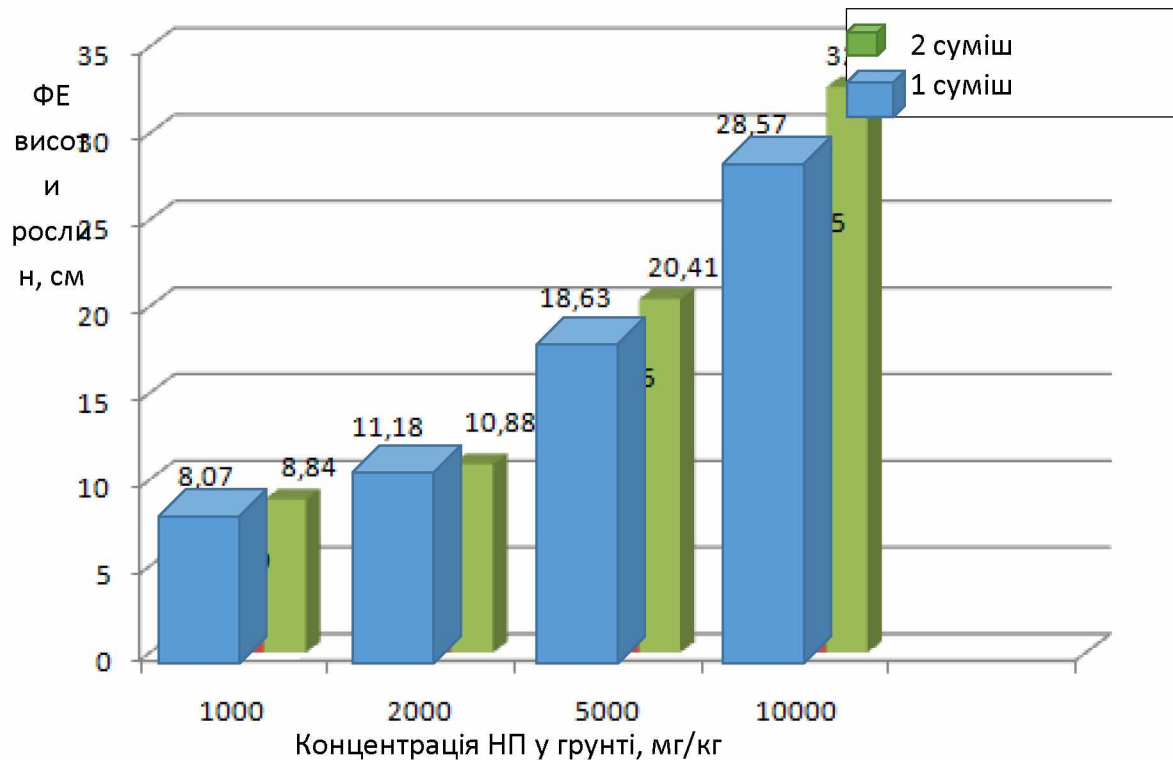


Рис. 7.6 - Фітотоксичний ефект по висоті рослин

Аналогічна ситуація спостерігалася і з довжиною кореневої системи. Довжина кореневої частини рослин знижується зі збільшенням концентрації НП в ґрунті. Довжина коренів максимальна в контрольних зразках для двох сумішей. Також довжина коренів 2 суміші у всіх концентраціях забруднення НП перевершує розміри кореневої системи 1 суміші за абсолютними значеннями. Найнижчі значення довжини коренів спостерігалися при використанні 2 суміші. Різде зниження показника довжини коренів спостерігається в зразках з концентрацією 1000 мг/кг. Мінімальна довжина коренів зафіксована у рослин 2 суміші з концентрацією 10000 мг / кг.

Виявлено, що довжина коренів знижується при збільшенні початкової концентрації НП в ґрунті. Статистично значимі відмінності між розмірами кореневої частини рослин спостерігаються на ґрунтових зразках з початкової

концентрацією 40 і 1000 мг/кг, а так само між зразками 1000 і 5000 мг/кг, 2000 і 10000 мг/кг.

Максимальний ФЕ по довжині коренів 58% було виявлено в зразках 2 суміші і вмістом НП 10000 мг / кг, а мінімальний 31% - 2 суміші і концентрацією НП 1000 мг/кг. Таким чином, коренева система більше схильна до впливу НП ніж наземна частина рослин, так як значення ФЕ вище.

Визначено вміст сухої речовини і біомаси зеленої і кореневої частини рослин. При оцінці ФЕ по біомасі зеленої частини рослин встановлено, що при збільшенні концентрації НП в ґрунті посилюється її фітотоксичність по відношенню до зеленої частини рослин. При цьому мінімальний ФЕ 18% спостерігався в зразках ґрунтів з вмістом НП 1000 мг / кг, максимальний 50% - в зразках з концентрацією забруднення 10000 мг/кг 1 суміші.

Встановлено, що НП в ґрунті найбільший вплив роблять на біомасу зеленої частини рослин. При підвищенні концентрації НП від 40 до 10000 мг/кг ФЕ по біомасі зростає на варіантах з 1 сумішшю на 18%, з 2 - на 32%. Для сухої речовини ця тенденція повторюється.

Були визначені також вміст сухої речовини і біомаса кореневої системи рослин. Виявлено, що при всіх концентраціях НП найбільшу масу має 2 суміш. Мінімальні значення при всіх концентраціях, включаючи контроль, мають параметри 1 суміш.

Нафтопродукти надають більший вплив на суху речовину рослин, знижуючи його зміст. Дослідження сухої речовини і біомаси зеленої частини рослин дозволяє виявити можливість транспірації рослинами вологи з ґрунту.

Ґрунт має високу адсорбційну здатність по відношенню до органічних забруднювачів. При підвищенні концентрації НП на поверхні твердої ґрунтової фази утворюється плівка з нафтопродуктів, що перешкоджає поглинанню рослинами вологи з ґрунту. При цьому знижується і здатність рослин до фотосинтезу і накопиченню в них органічної речовини, тобто їх зростання.

В результаті проведення експерименту встановлено, що при підвищенні концентрації НП частка сухої речовини в зеленій частині рослин росте, а частка

вологи знижується. При цьому найбільші зміни відбуваються при підвищенні концентрації НП від 40 до 1000 мг/кг і від 5000 до 10000 мг/кг.

Зворотна картина спостерігається при оцінці кореневої системи рослин. Для рослин 1 і 2 сумішей частка сухої речовини знижується, а вологи збільшується на 13 і 21% відповідно при підвищенні концентрації НП в ґрунті від 40 до 10000 мг / кг. Частка сухої речовини в коренях рослин 2 суміші знижується на 10% при підвищенні концентрації НП до 1000 мг/кг, при подальшому збільшенні концентрації НП спостерігається тенденція до зниження даного показника.

Таким чином, найбільше пригнічення НП здійснюють на рослини 1 суміші (люцерни), найменше - на рослини 2 суміші (віко-вівсяна суміш). Для фіторе mediaції від НП можна використовувати 2 суміш, але при цьому концентрація НП в ґрунті не повинна перевищувати 5000 мг/кг ґрунту.

РОЗДІЛ 7

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ В УМОВАХ ЛАБОРАТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Дослідження впливу рослин на вміст НП проводилися в лабораторії агроекологічного моніторингу, що забезпечує нормальні умови для росту рослин (ДСТУ ISO 22030-2009). Для експерименту обрані дві суміші: люцерна і віко-вівсяна суміш. Через 3 дні після посіву на зразках з незабрудненим і забрудненим ґрунтом з початковими концентраціями 1000, 2000, 5000 мг/кг зійшли паростки рослин рівномірно по всій площі. При цьому спостерігалось знижена вологостійкість ґрунту. У зразках з вмістом НП 10000 мг/кг паростки зійшли на 5 добу. При поливі вода збиралася на поверхні і застоювалася, не проникаючи в ґрунт.

Аналогічно закладався експеримент з поливом пробіотичним препаратом Світеко-Агробіотик-01 розбавленням 1:1000. Остаточні результати місячного експерименту з оцінки ефективності фітореємедіації на 30 добу представлені в таблиці 10.

Таблиця 7.8

Оцінка ефективності фітореємедіації ґрунту від НП в умовах
лабораторного експерименту

Початкова концентрація НП у ґрунті, мг/кг	Контроль	1000	2000	5000	10000
Віко-вівсяна суміш	39±10	76±19	246±62	1144±286	5423±1356
Люцерна	37±9	40±10	201±50	999±250	5189±1297

Використання всіх сумішей при початковій концентрації 1000 мг/кг НП дозволило знизити концентрацію забруднювача до допустимого рівня. У зразках з віко-вівсяною сумішшю та внесеним пробіотиком вміст НП знизився на 96%, з люцерною та пробіотиком - на 94%. У всіх зразках ґрунтів з двома різними травами і вихідною концентрацією забруднення 2000 мг/кг вдалося знизити вміст

НП до допустимого рівня забруднення: з віко-вівсяною сумішшю - на 91%, із люцерною - на 89% (рис. 7.3).

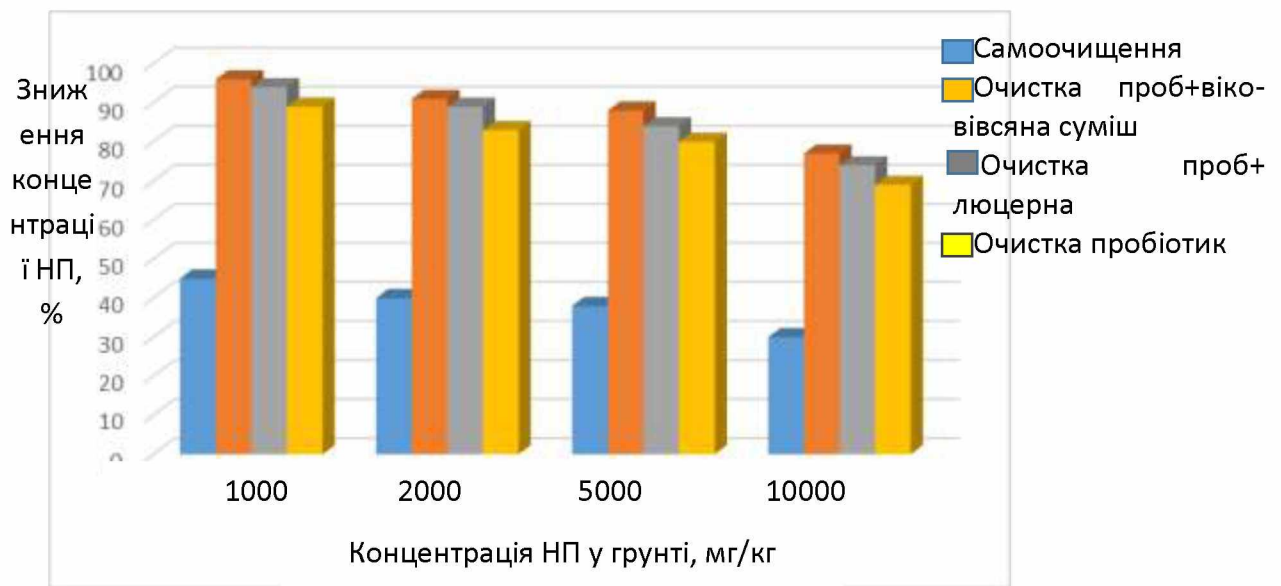


Рис. 7.3 - Порівняльна характеристика зниження концентрації НП в ґрунті в умовах її самоочищення і фітореMediaції пробіотиком та травами

З концентрацією НП 5000 мг/кг вдалося знизити рівень забруднення до допустимого тільки за допомогою віко-вівсяної суміші. Ступінь очищення склала 88%. Однак, в зразках ґрунтів з використанням люцерни і без трав (один пробіотик) ступінь очищення склав 84 і 80% відповідно, рівень забруднення - низький.

На всіх зразках з концентрацією забруднення НП 10000 мг/кг рослини були сильно пригнічені, що знизило ефективність фітореMediaції. З використанням віко-вівсяної суміші + проб. ефективність фітореMediaції склала 77%, з люцерною + проб. - 74% і з пробіотиком - 69%. Зменшення концентрації відбулося до безпечного рівня, крім того, дозволило прискорити процес очищення ґрунту на 25 - 27%. У контрольних зразках ґрунту достовірного значного зниження вмісту НП протягом експерименту не відбулося.

Таким чином, можна зробити висновок, що в результаті проведення фітореMediaції забруднених ґрунтів НП за допомогою рослин та пробіотичних препаратів, найбільш високу здатність до очищення показала віко-вівсяна суміш

пробіотиком. Люцерна з пробіотиком показували також високі результати, але нижчі від попередньої суміші на 4-7%. Використання самих пробіотичних препаратів показало достатньо високий ефект, але нижчий ніж комплексне використання з рослинами (орієнтовно на 10-12%).

Таким чином у результаті проведення фіторе mediaції вдалося прискорити процес очищення ґрунтів від НП. При цьому в порівнянні з процесом самоочищення вміст забруднювача при використанні віко-вівсяної суміші і пробіотику знизив в ґрунтових зразках з початкової концентрацією 1000 мг/кг на 50%, 2000 мг/кг - на 46%, 5000 мг/кг - на 45% і 10000 мг / кг - на 22%.

На наступному етапі проведено лабораторний експеримент по фіторе mediaції від НП ґрунту, відібраної в природних умовах забруднення у районі впливу НГВУ «ОХТИРКАНАФТОГАЗ» на відстані 50 м (1 точка) і 500 м (2 точка). Для фіторе mediaції ґрунту використовували віко-вівсяну суміш і полив пробіотиком. Початкові концентрації НП склали 1632 (2 точка) та 2545 мг/кг (1 точка) ґрунту.

При цьому на забрудненому ґрунті відзначено тривале проростання насіння в порівнянні з контролем (таблиця 7.9).

Таблиця 7.9

Проростання насіння віко-вівсяної суміші і фітотоксичної ефект

№ п/п	Зразок	Кількість пророслого насіння, %				ФЕ, %
		5 доба	10 доба	20 доба	30 доба	
1	Контроль	56	58	58	60	-
2	1 точка (50 м від джерела забруднення)	0	15	25	25	45
3	2 точка (500 м від джерела забруднення)	0	25	33	28	24

На контрольному ґрунті насіння зійшли на 5 добу. На 10 добу на забрудненому ґрунті зійшли 15 ... 25% насіння, на 20 добу - 25 ... 33%, на 30 добу залишилося 25 ... 28% сходів. На більш забрудненому ґрунті зразка 2 на 30 добу

рослини стали гинути (5%), хоча схожість на даному зразку була вища. Фітотоксичної ефект досліджуваних зразків ґрунту склав 24...45%.

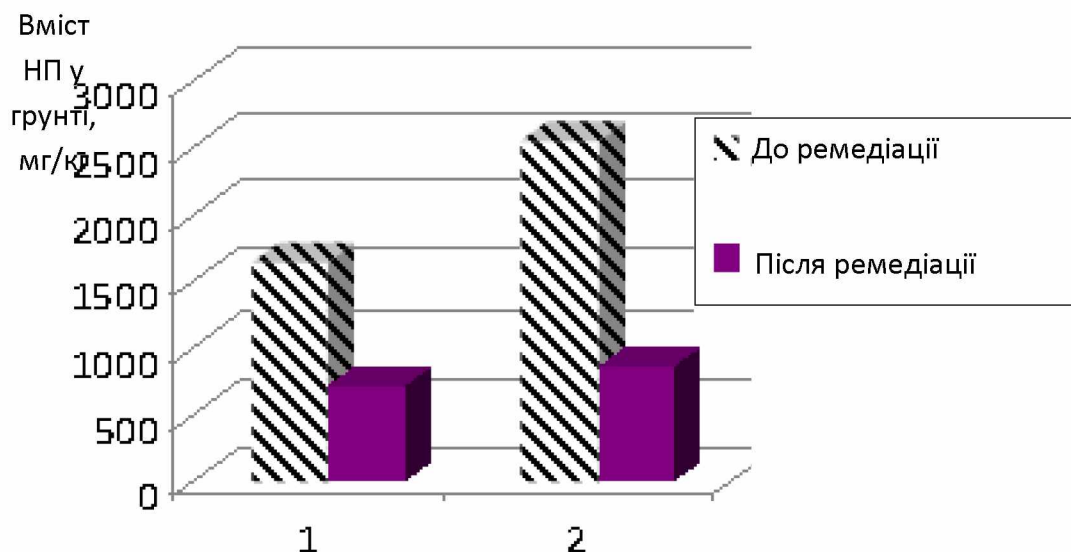


Рис. 7.4 - Вміст НП в ґрунті до і після проведення фіторемедіації

Протягом місяця концентрація НП в досліджуваних зразках 1 і 2 знизилася на 66 і 76% відповідно і склала 707 мг/кг в ґрунті зразка 1 і 862 мг / кг в ґрунті зразка 2.

Оцінка ефективності фіторемедіації в умовах польового експерименту

У роботі проведено польовий експеримент, у якому фіксувався вміст нафтопродуктів. В умовах польового досліду була використана віко-вівсянна суміш в зв'язку з її більшою стійкістю по відношенню до НП в ґрунті та пробіотичний препарат, який внісся під час обробки ґрунту. Також під час обробки ґрунту вніслися добрива - $N:P:K$: – 10:10:10 по всій території. Перший експеримент проводився в 2018-2020 рр. на чотирьох ділянках з різним вмістом НП у Полтавській області на території впливу НГВУ «ОХТИРКАНАФТОГАЗ» на сільськогосподарських угіддях (2 точки), біля джерела забруднення (1 точка), у місці аварійного забруднення НП (1 точка).

Вміст НП визначали до посіву віко-вівсяної суміші і внесення пробіотику і після її викошування після закінчення експерименту на 30 добу. Ефективність процесу фіторемедіації визначалася у відсотках по зниженню концентрації НП у

грунті після закінчення експерименту. В 2018 році відзначалася тенденція до зниження (рис. 7.5). Протягом наступних двох років відбулося значне зниження вмісту НП на всіх ділянках.

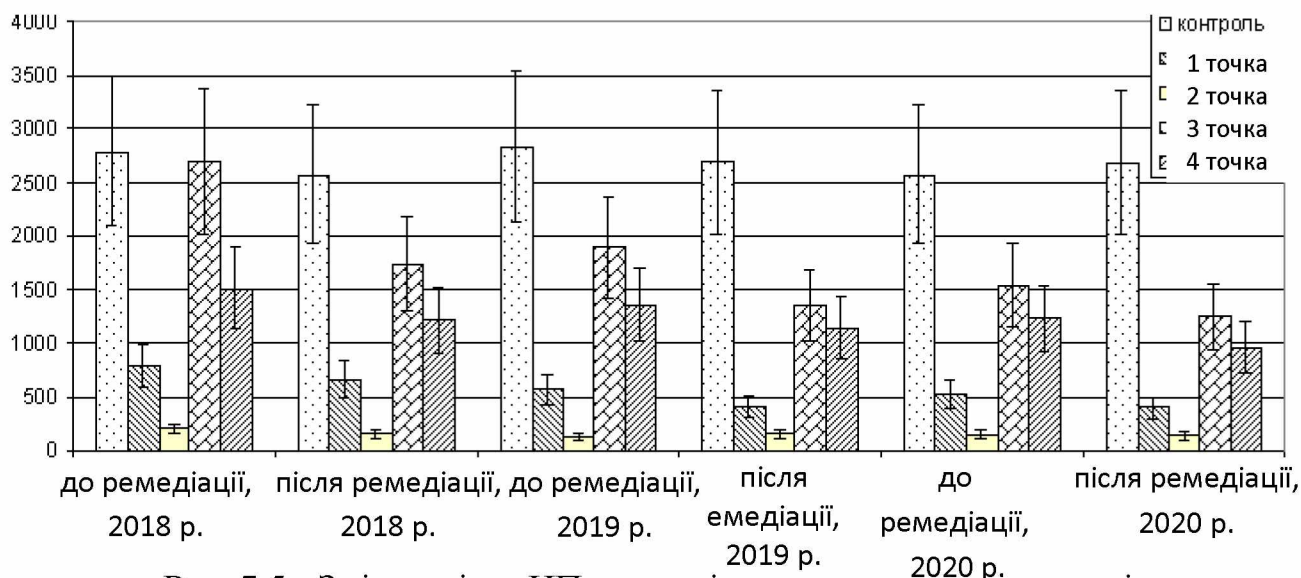


Рис. 7.5 - Зміна вмісту НП у ґрунті в умовах польового досвіду

Слід зазначити, що в кожен наступний рік дослідження практично на всіх ділянках спостерігалася тенденція до підвищення концентрації НП в ґрунті до проведення фіторемедіаційних заходів.

Таким чином використання біоремедіації (пробіотичних препаратів Світеко-Агробіотик-01 розбавленням 1:1000) та віко-вівсяної суміші дозволяє зменшити забруднення НП на незначно забруднених ділянках - до 96%, на високо забруднених ділянках - до 79% протягом періоду від 1 до 3 місяців.

Також відібрані зразки ґрунту досліджено на емісію CO_2 та денітрофікацію. Результати представлено у табл. 7.10.

Показник	1 ділянка (конц. 15 000. мг/кг)	2 ділянка (конц. 8 500. мг/кг)	3 ділянка (конц. 5 000. мг/кг)	4 ділянка (конц. 3 000. мг/кг)
Потенційна емісія CO_2 , ммоль $\text{C}_2/\text{г}$ добу	11,0	12,5	15,0	17,2
Актуальна емісія CO_2 , ммоль $\text{C}_2/\text{г}$ добу	2,1	2,7	3,5	3,6
Потенційна денітрофікація,	55	80	84	88

мкгN ₂ O/г добу				
Актуальна денітріфікація, мкгN ₂ O/г добу	2,2	3,5	3,5	4,1

Якщо порівняти дані таблиці 3 (п.5.1), то спостерігається значна тенденція до підвищення даних показників (в середньому до 50%), що вказує також на позитивну динаміку щодо відновлення ґрунту та покращення його показників. Особливо це важливо при високому забрудненні ґрунту - 10 000 і вище мг/кг, коли відповідні показники при ґрунті без очистки були нижчими на 70-75%. Це підтвержує ефективність запропонованої системи очистки від нафтового забруднення ґрунтів.

РОЗДІЛ 8

ОХОРОНА ПРАЦІ

Весь агротехнічний комплекс робіт по проведенню робіт повинен виконуватись у відповідності з вимогами Закону України (14 жовтня 1992 р.) №2694-ХІІ «Про охорону праці» та ін. актів нормативних правових.

Навчання, інструктаж та перевірка знань працівників повинні відповідати вимогам Типов. Положен. про порядок проведен. навчання і перевір. знань з питань ох. праці, затвердженого наказом Держ. Ком. України з нагляду за ох. праці від двадцять шостого січня двотисячі п'ятнадцятого року №15.

Керівник до самого початку робіт на робочому місці має провести з робітниками інструктаж, з обов'язковим заповненням проведеного інструктажу журналу реєстрації. Перед початком робіт машиніст спецтранспорту повинен мати місце, характер і тип виконуваної роботи. Також основною умовою перед початком роботи являється проведення вступного інструктажу з особами, які безпосередньо виконують роботи із механізмами.

При роботі машин повинні дотримуватися такі обов'язкові вимоги:

- забороняється проводити роботи на ділянках, які не відповідають нормам виробничої санітарії;
- забороняється перебування сторонніх осіб на території, де відбуваються агротехнічні роботи;
- заправка машин посадковим матеріалом повинна виконуватися тільки при повній зупинці агрегату.

Забороняється виконувати будь-які роботи під трактором при працюючому двигуні та залишати працюючий трактор без нагляду. Забороняється проводити агротехнічні роботи при швидкості вітру більше як 11 м/сек., під час грози, вночі і під час зливи.

Рівень техногенних впливів на склад і якість атмосферного повітря, поверхневих водних об'єктів, ґрунтів та підземних вод в період проведення агротехнологічних робіт прогнозується як відповідний нормативним вимогам.

Можливими видами прямих проектних впливів і відповідними змінами або порушеннями компонентів довкілля є:

- механічний вплив - незначні зміни і порушення форм і параметрів природного рельєфу, візуальних характеристик і структури ландшафту (внаслідок роботи техніки);
- гідрохімічний вплив - відсутній;
- вплив на якість атмосферного повітря - зміни якості атмосферного повітря в межах допустимих нормативов (викиди від автомобільної та с/г техніки);
- гідродинамічний вплив - відсутній (відсутній вплив на поверхневі і підземні води);
- акустичний вплив – відсутні джерела постійного шуму і додаткових факторів занепокоєння об'єктів тваринного світу, крім того дані заходи реалізуються за межами населеного пункту, тобто відсутній акустичний вплив техніки на житлову забудову.

Після проведення заходів з рекультивації земельної ділянки планується проводити щоквартальний моніторинг (табл. 6.1)

Таблиця 6.1

План екомоніторингу

Об'єкт моніторингу	Параметр, що підлягає моніторингу	Періодичність	Хто проводить моніторинг
Повітря	Вміст забруднюючих речовин в джерех викидів	4 рази на рік	Особа, призначена відповідальною за ОНПС за участі сертифікованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАА.
Вода	Вміст забруднюючих речовин в поверхневих та підземних водах	4 рази на рік	Особа, призначена відповідальною за ОНПС за участі сертифікованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАА.
Ґрунти	Стан ґрунтів	4 рази на рік	Особа, призначена відповідальною за ОНПС за участі сертифікованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАА.

ВИСНОВКИ

Одержані результати досліджень дозволили встановити, що на горох посівний (*Pisum sativum*) і овес звичайний (*Avena sativa*) забруднення ґрунту нафтопродуктами здійснює неоднозначний вплив у різних періодах з моменту забруднення.

На початковому етапі забруднений нафтопродуктами ґрунт, не здійснює значного токсичного впливу на горох. Для гороху забруднений ґрунт стає токсичним лише на 30 добу після внесення нафтопродуктів (при початкових їх концентраціях 5000 і 10000 мг/кг) і токсичність ґрунту при цьому збільшується з часом. Для вівса ґрунт стає токсичним з моменту забруднення при концентраціях нафтопродуктів вище 5000 мг/кг і токсичність ґрунту з часом зменшується, і залишається такою на 180 добу з моменту забруднення тільки при концентрації 20000 мг/кг.

Встановлено ефективність біологічного методу очистки ґрунтів від нафтопродуктів. Практично при всіх концентраціях нафтопродуктів за допомогою пробіотику ґрунт відновлено до 5 класу токсичності (відсутність токсичності). Лише у варіанті на гороху посівному у ґрунті з концентрацією нафтопродуктів 20 000 мг/кг по масі коренів і по масі наземної частини фітотоксичний ефект очистки за допомогою пробіотику склав більше 20% (слабка токсичність).

Середнє значення ефекту очищення пробіотиком при висіванні гороху посівного (*Pisum sativum*) склав 75%, овесу звичайного (*Avena sativa*) - 74%.

Таким чином, експеримент показав високу ефективність біоремедіації за допомогою пробіотичних препаратів у порівнянні з самоочищенням ґрунту від нафтопродуктів.

На основі проведених досліджень у подальшому планується розробити методичні засади комплексної системи відновлення техногенно забруднених ґрунтів за рахунок включення новітніх екологічно безпечних методів (пробіотичних препаратів), як необхідну умову сталого розвитку літосфери.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chachina, S.B., Chachina S.B., Voronkova N. A., Baklanova O.N. Biological remediation of the engine lubricant oil-contaminated soil with three kinds of earthworms, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobena veneta*, and a mixture of microorganisms. *Procedia Engineering*. 2015. № 113. P. 113–123.
2. Samojlik M.S., Pysarenko P.V. Conceptual framework for ensuring resource and environmental safety in the region. *Теоретическая и практическая экология*. 2019. №2. С. 137-142. doi: 10.25750/1995-4301-2019-2-137-142.
3. Чигринева, Н.А., Сальникова В.И., Сагдеев М.А. Экологическая оценка содержания нефтепродуктов в почве. *Современные научные исследования и инновации*. 2017. № 3. С. 114-121
4. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Колеснікова Л.А., Плаксієнко І.Л. Динаміка і діагностика токсичного впливу нафтозабрудненого ґрунту на стійкість проростків. *Agrology*. 2018. №1(3). С. 240-246.
5. Киреева Н. А., Григориади А. С., Водопьянов В. В., Амирова А. Р. Подбор растений для фиторемедиации почв, загрязненных нефтяными углеводородами. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2011. Т. 13, 5 (2). С. 184-187.
6. Adebola, A. A., Iheoma M A., Igba O. T. Impact of bioremediation formulation from Nigeria local resource materials on moisture contents for soils contaminated with petroleum products. *International Journal of Engineering Research and Development*. 2012. V. 2 (4). P. 40–45.
7. Anjana S., Poonam K., Meenal B. R. Biodegradation of diesel hydrocarbon in soil by bioaugmentation of *Pseudomonas aeruginosa*: a laboratory scale study. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*. 2014. V. 2 (4), P. 202-212.
8. Бабаджанова О. Ф., Гринчишин Н. М. Роль сорбентів у ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів із поверхні ґрунту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць*. 2010. № 4. С. 75 – 81.

9. Bunio L. V., Tsvilyunjuk O.M. Actual and potential activity of oil-polluted sod-podzolic soil by action of phytomeliorant *Carex hirta*. *Studia Biologica*. 2014. V. 8, № 3–4. P. 117–126.
10. Khalilova, H. Kh. The impact of oil contamination on soil ecosystem "Science stays true here". *Biological and Chemical Research*. Volume 2015. P. 133–139.
11. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. – Москва. 2012. 413 с.
12. Денисова А.П., Архипова Н.С., Халилова А.Ф., Зарипова С.К., Бреус В.А., Бреус И.П. Влияние загрязнения дизельным топливом на устойчивость культур и биологическую активность выщелоченного чернозема. *Агрохимия*. 2011. № 2. С. 41–50.
13. Шевчик Л., Романюк О., Подан І. Використання гречки посівної для екологічного моніторингу нафтозабруднених ґрунтів. Молодь і поступ біології: збірник тез XI міжнар. конф. студентів та аспірантів. Львів, 2015. С. 236-237.
14. Мовчан Я. И., Каневский В. А., Семичаевский В. Д. и др. Фитоиндикация в дистанционных исследованиях. Київ. 1993. 310 с.
15. Грицаєнко Г. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава, 2003. 320 с.
16. Филенко О.Ф. Методы биотестирования качества водной среды и почвы. Москва: Изд-во Моск. ун-та: 1989. 124 с.
17. Кучеренко Т. В., Головатюк Є. О. Використання біотесту *Allium* сера L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища. *Агроекологічний журнал*. 2008. №4. С. 79-83.
18. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О. Ю., Корчагін О. П. Оцінка фітотоксичної дії стічних вод місць захоронення відходів на стійкість *Triticum aestivum*. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. №2. С. 77-85.
19. Вінниченко О.М. Захисні механізми рослин за дії гербіцидів / О.М. Вінниченко / Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. – Серія Біологія. – 2002. – № 3(18). – С. 90-92.

20. Максимчук Л.П. Про причини загибелі озимої пшениці в Лісостепу / Л.П. Максимчук, М.А. Греков // В кн. Причини загибелі та шляхи підвищення зимостійкості культур на Україні. – К.: Урожай, 1965.
21. Лебідь Є.М. Порівняльна урожайність озимої пшениці та ярого ячменю при сівбі їх після кукурудзи на силос в південно-західному степу України / Є.М. Лебідь, С.Д. Пішта, І.С. Киричук [та ін.] // Бюл. ІЗГ УААН. – 2005. – № 26-27. – С. 55–58.
22. Самолевський Й.Я. Заходи по збільшенню білка в зерні озимої пшениці / Й.Я. Самолевський // В кн. Озима пшениця. – К.: Урожай, 1969. – С. 330–332.
23. Suck A. Effect of herbicides applied under controlled conditions on yield and grain quality of spring wheat / A. Suck, G. Cacak-Piettrak, E. Szelezniak et al // Progress in Plant protection. – 2009. – Vol. 49. – Issue 3. – P. 1391–1395.
24. Grundy A.C. Effect of herbicides and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley / A.C. Grundy, N.A. Boatmen, R.J. Fround-Williams // The journal of Agricultural Science. – 1996. – Vol. 126. – Issue 04. – P. 379–385.
25. Join M. Gluphosate – induced increase in glutathione-S-transferase activity and glutathione content in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) / M. Join, N. Bhall-Sarin // Pesticide Biochem. Physiol. – 2001. – Vol. 69 (3). – P. 143–152.
26. Nemet Ala M.M. Herbicide tolerance in maize is related to increased level of glutathione and glutathione-associated enzymes / M.M. Nemet Ala, A.-H.M. Badawi, N.M. Hassen et al. // Acta Physiol. Plant. – 2008. – Vol. 30. – P. 371–379.
27. Deng F. Purification and characterization of two glutathione-S-transferase isozymes from indicatype rice involved in herbicide detoxification / F. Deng, K.K. Hatzios // Pesticide Biochem. Physiol. – 2002. – Vol. 72 (1). – P. 10–23.
28. Захаренко В.А. Разработка экономических порогов целесообразности применения гербицидов / В.А. Захаренко // Рациональное применение гербицидов с учетом засоренности полей. – М.: 1985. – С. 81–93.

- 29.Гриб М.Г. Економіка виробництва озимої пшениці на Україні / М.Г. Гриб, В.М. Ільницький. – К.: Урожай, 1971. – С. 15–21.
- 30.Bartels M. Kasteogustuge UuKrautbekämpfung vach dem Auflaufen / M. Bartels // Zuckerrube. – 1988. – 37.2. – S. 82–88.
- 31.Epplin F. Economics ox conservation tillage systems for winter wheat production in Oklahoma / F. Epplin // Soil Water Conservation. – 1983. – Vol. 38. – № 3. – P. 294–297.
- 32.Шикула Н.К. Безотвальная обработка почвы на Украине / Н.К. Шикула // Земледелие. – 1980. – № 3. – С. 26–27.